

研究成果の公開展示

雑誌名	武器の進化と退化の学際的研究 弓矢編
巻	27
ページ	227-289
発行年	2002-12-25
その他のタイトル	Kenkyu seika no kokai tenji
URL	http://doi.org/10.15055/00005350

研究成果の公開展示

1999年10月28日から1年間実施した国際日本文化研究センター展示「武器の進化と退化の学際的研究」において、それまでの共同研究による人文・社会学的な研究成果、復元弓矢、復元弓矢による工学実験の研究成果を公開した。ここにその概要を記録する。

展示分担者

石井 紫郎（共同研究代表、国際日本文化研究センター）
赤澤 威（国際日本文化研究センター）
宇野 隆夫（国際日本文化研究センター）
山田 奨治（国際日本文化研究センター）
野口 淳（国際日本文化研究センター）
佐々木憲一（明治大学文学部）
中島 尚正（東京大学大学院工学系研究科）
野林 厚志（国立民族学博物館民族社会研究部）
細谷 聡（信州大学繊維学部）
松木 武彦（岡山大学文学部）
松本 岩雄（島根県埋蔵文化財センター）

展示協力者

国立民族学博物館：民族資料弓矢の展示
宮内庁正倉院事務所・三宅久雄：古代弓矢の情報提供
網谷克彦・千葉敏朗：縄文弓矢の情報提供

パネル1（武器の進化・退化と社会の変化）

武器の進化は社会のあり方を変えてきた。また、「必要は発明の母」、逆に社会の変化が武器の開発や改良をうながしてきたことも疑いない。たとえば、弥生時代の石のヤジリは縄文時代のものより、一般的に大きいという特徴を見せているが、これを弥生時代にヒトを殺し合う戦争が始まったことの現れと見る学説がある。この説は、ヤジリが大きいほど殺傷力が強いという仮定に立っているのだが、果たしてそう言い切れるか。

ヤジリの形・大きさ、弓の材料・形状・長さ、貫通力・命中率・使い勝手の関係については、従来ほとんど実証的研究がない。われわれのプロジェクトは、考古学・歴史学・文化人類学の成果を基にして、工学的な実験やシミュレーションを行ない、社会と武器の歴史の關係に迫ろうとするものであり、この展示は各時代の弓矢の復元とこれまでの実験の成果の

一端である。

(石井紫郎)

パネル2 (和弓と洋弓, 図5)

現在日本では、和弓、洋弓、クロスボウが、主にスポーツ競技、レジャーなどの目的で用いられている。

和弓と洋弓の構造における基本的な違いは、和弓が、引き手（弦を引く方の手）の親指の関節部に弦をかけ、矢は弓の右側につがえ、洋弓は、引き手の親指以外の3・4本の指に弦をかけ、矢は弓の左側につがえる点である。前者は一般的にモンゴル式射法、後者は地中海式射法と呼ばれている。

和弓はモンゴル式射法に分類はされているものの、考古学資料における弓の遺物の発見や、魏志倭人伝といった歴史史料の記載から、必ずしもモンゴル由来のものではなく、独自の弓矢を育んでいったと考えてよい。一方、洋弓は近代スポーツとして昭和のはじめに、アメリカから紹介されたものであり、スポーツ競技として発展していった。

(野林厚志)

パネル3・4 (オセアニア・パプアニューギニアの弓矢, 図6・7上段)

オーストラリアやタスマニアにはもともと弓矢がなく、先住民は投槍器とブーメランとによって狩猟活動を行っていた。これは、弓が発明される以前に先住民がオーストラリアにわたり、その後も弓をもった文化圏との接触がなく、彼らの狩猟文化を独自に発展させていったためであると考えられている。

オセアニアでは、メラネシアで弓矢が狩猟や漁撈、時には戦闘に使用される一方で、ポリネシアの諸地域では、王族が行う鳩猟といったレジャー的要素の強い狩猟に弓矢が使用されてきた。パプアニューギニアでは、狩猟や漁撈以上に戦闘への弓矢の利用が行われ、それぞれの用途ごとに別々のものを作り利用している。

(野林厚志)

パネル5 (アフリカの弓矢, 図7下段)

アフリカでは、狩猟採集民であるサンが用いる1mあまりの長さの弓から、スーダンやエチオピアなどの牧畜民が用いる2m前後の弓まで、狩猟活動に様々な形態の弓が用いられている。矢についても、木の先端を削り鋭利にしたものから、鉄製のヤジリを装着させたものまでバラエティに富んでいる。

また狩猟以外の様々な用途にも弓矢は用いられる。牧畜民は家畜の血液そのものや、それにミルクを混ぜたものを重要なタンパク源として摂取している。こうした血液を採集する際に、小型の弓を用いて家畜の頸動脈に矢をうちこむ方法がとられることがある。また、ナミビアやアンゴラ南部では狩猟用の弓に支柱をとりつけ、音楽を奏でる人たちがおり、弓が楽器としても利用されている。サンは狩猟以外に小型の特別な弓矢を、求愛の道具として利用する。

(野林厚志)

パネル6（アメリカの弓矢）

弓矢は南北アメリカの先住民にとって狩猟や漁撈に欠かせない道具の一つとして利用されてきた。南北アメリカの弓矢の利用で興味深いのは、弓矢の構造と射法との関係である。

大森貝塚の発掘で有名なエドワード・モースによれば、世界の弓矢の射法は、基本的に親指と人さし指で矢をつまむ第1～3次式射法、親指以外の指の関節部に弦をかける地中海式射法、親指の関節に弦をかけるモンゴル式射法とに分類されている。ヴィスラー（1926）がまとめた結果によれば、アラスカの一部を除く北米のより北方の地域では地中海式射法が主体であるのに対し、中米から南米の大半の地域では第1～3次射法が採用されている。これは、弓材に適する原料が豊富ではない北米地域において、流木などを利用して弓を作る際、獣の腱を裏打ちに用いるなどして強化した弓を作ることが多く、射法も弾力の強い弓をひくための方法が採用されたためであると考えられる。

最後に弓矢の展示情况进行を示す（図8）

（野林厚志）

パネル7（弓矢の復元，図9）

弓矢は、世界の各地で用いられ、地域独特の作り・射法がある。それは遅くとも後氷期（過去1万年余り）の初期に世界に広く普及した画期的な技術であり、長い時間をかけて各地の人々の体格や用途にあわせて工夫を加えた結果、各地の個性が生じたと思われる。そして弓矢は狩猟具と武器はじめ、色々の顔をもち、人類史の中でも大きな役割を担った。

われわれは、このことをより深く解明するために、まず各時代のデータが揃う日本列島の弓矢と、ハitekの粹である弩（クロス・ボウ）を復元して、その性能や特性を工学的に解析することとした。

ただし過去の人々の素材に対する知識や工芸技術は大変高度なものがあり、同じ性能をもつ弓矢を復元することは簡単なことではない。そのため考古学・文化人類学が実物情報を提供する一方で、弓矢製作経験のある多くの方々から多大な協力を得て、弓矢復元を行なったものである。

（宇野隆夫）

パネル8（中国の弓矢，図10～13，宇野隆夫論考参照）

中国では、新石器時代から戦国時代にかけて、武器としての弓矢が急速に発達し、周辺諸地域にも多大な影響を及ぼした。

新石器時代前半（紀元前六千～四千年紀頃）には骨製のヤジリ（鏃・矢尻）が主であり、石を磨いて作ったヤジリもある。特に骨製のヤジリは、貫通力が高い流線形であり基部に突出があつて矢柄にしっかりと固定できるものが多く、武器としての性能をもった可能性が高い。集落を濠で囲むことは、この頃に始まった。弓については不明である。

新石器時代後半（紀元前三千年紀頃）には石製のヤジリが主になり、形も貫通力を高める方向で変化した。石は、家畜や狩猟動物の骨に比べて量的な制約がなく、矢を必要だけ製

作できることが指摘されている。このころ中国の各地において巨大な城壁で数十ヘクタールに及ぶ地区を囲むことが普通になった。

商・西周時代（紀元前二千年紀～紀元前9世紀頃）に至ると扁平な二翼式の青銅製ヤジリが出現した。また弓についても、この時代には彎弓（自然の状態の反りの反対方向に彎曲させて弦を張る強力な弓）があり、おそらく合せ弓であったであろう。平地での戦車戦が多くなる中で、弓矢は遠距離攻撃武器として重要であった。他方この頃、青銅製の兜などの防具も出現した。

春秋・戦国時代（紀元前8世紀～同3世紀頃）：青銅のヤジリに、ミサイルのような形をした三翼形のものが出現した。三翼形のヤジリは、ユーラシア大陸の東と西とで、ほぼ同時に出現したものであり、遊牧民のヤジリの形が広く採用されたものである。実際に戦車戦から騎馬隊・歩兵隊の構成に力点を移すようになった。そして戦国時代の中頃に、引き金装置のある腕木に弓を取り付けたものが出現した。このような形の弓は中国南方に起源があり、在来の合せ弓と遊牧民系の三翼形のヤジリが融合して武器としての弩が成立した可能性が高い。また武器・防具の鉄器化も進行した。

中国の弓矢の技術はこの頃にほぼ完成して、以後の時代に引き継がれる。

（参考文献）

岡村秀典「中国新石器時代の戦争」『古文化談叢』第30集，1993年。

林巳奈夫『中国殷周時代の武器』京都大学人文科学研究所，1972年。

（宇野隆夫）

パネル9（西洋の弓矢，図14～16）

西洋，特に中近東とヨーロッパでは、新石器時代に弓矢をすでに使っていた。そして紀元前三千年紀にシュメール文明で戦車が使用されたが、紀元前二千年紀にヒッタイトが弓兵を戦車に乗せて戦争に用いるようになった。紀元前4世紀のアレキサンダー大王の時代になると弩が出現し、ローマ時代に改良が進んで、弓矢の発達はピークに達した。

弓矢の使用法に関する最古の資料は、スペイン新石器時代の岩壁画である。この頃すでに弓矢を人に対して使っただけではなく、近接して射ち合う方式と離れて斉射する方式があったことが判る。

青銅器時代になると、二翼式の青銅製ヤジリが出現し、弓矢は戦争において重要な役割を果たした。先の岩壁画もこの時代のものとする説もある。エジプトには紀元前13世紀のラムセスII世が戦車に乗り弓を引く絵があり、弓の練習の様子を描くものもある。紀元前7世紀頃のアッシリアでは騎馬隊を編成するようになり、ヤジリも遊牧民系の三翼形のものをを用いるようになった。

鉄器時代のギリシアでは重装歩兵が中心であり、遊牧系スキタイ人の弓兵を雇っていた。しかしギリシアは紀元前5世紀のペルシア戦争において、弓を巧みに操るペルシア兵と戦い、その重要性を認識するようになった。そして紀元前4世紀のアレキサンダー大王の時代には

弩を発明し、重装歩兵・軽装騎兵と組み合わせて、高度な戦術を用いた。

ローマも弓兵は主に傭兵を用いていたが、熟練を要せず命中率の高い兵器として弩の改良を進めた。西洋の弩の特色は、発射に弓だけではなく髪・毛や牛の腱などを束ねた縄の伸縮力を利用することである。その実物は、スペイン北東部で紀元前150年頃のものが発見されている。西洋では弩の使用は一度途絶えるが、中世にクロス・ボウとして復活する。

(参考文献)

Ferril, A. *The Origins of War: From the Stone Age to Alexander the Great*. London, Thames and Hudson, 1985.

三浦権利『西洋甲冑武器辞典』柏書房、2000年。

(宇野隆夫・佐々木憲一)

パネル10 (復元中国式弩, 図17~24)

モデル：ピョンヤン市石巖里219号墓西室出土の弩

年 代：紀元前後

樹 種：クワ (推定)

長 さ：54.1cm

幅 : 3.95cm

厚 さ：5.1cm

弩は、(腕木)に弓を装着し、弩機(ひきがね)によって矢を発射する武器である。通常の射法では引けない強弓でも使用できること、ひきがねを引くだけで速やかに発射できること、高い命中率が得られることなど多くの利点があり、弩は鉄砲出現以前の最強の飛び道具であった。ただし弩の製作とメンテナンスには高い技術が必要であり、有効に使用するには高度に機能分化した軍隊組織が必要であった。

弩の出土品は洛陽や長沙の戦国時代の墓から発見されるものが最も古いが、春秋時代に南方の楚人の発明したものとする説と、より南方で用いられていたものを楚人が早く導入したとする説がある。弩は戦国時代から漢代にかけて主要な武器となり、漢代の墓からは副葬品として弩機がしばしば発見される。

復元弩のモデルは楽浪墓から出土した保存状態が良好なものであり、中国式弩の特徴を良く示している。

(参考文献)

楽浪漢墓刊行会『楽浪漢墓』第2冊、1975年。

林巳奈夫『中国殷周時代の武器』京都大学人文科学研究所、1972年。

秦始皇帝兵馬俑博物館編『秦始皇帝陵』文物出版社、1999年。

ニューアートクリエイション『秦始皇帝と兵馬俑展』1997年。

(松本岩雄)

パネル11 (中国南方の弩弓, 図25, 野林厚志論考参照)

弩弓は中国の古代から使用されてきた道具である。多くの歴史史料のなかにそれらに関する記述が見出せると同時に、考古学的遺跡からの出土例も見られる。また、始皇帝陵兵馬俑においても弩兵が見られることは、弩弓が武器として機能していたことを、裏付ける証拠である。

一方で、中国西南部から東南アジア大陸部では、主として山岳地帯に居住する人たちによって、現在も弩弓が狩猟具として用いられている。中国雲南省の怒族の人々は、身近にある木材などを用いて単弓の弩弓を製作する。彼らの通常の狩猟活動は、住居と畑との往復の間に獲物を見つけたら矢を放つといった方法であり、携帯にすぐれ、製作が簡便な弩弓は彼らの主要な狩猟具の一つである。怒族にとって弩弓は狩猟の道具として特化したものであり、有効射程(的中)距離が短い点や、弦切れによって持続使用時間が必ずしも保証されていない点など、武器としての条件にはそぐわない。漢族が使用した武器としての弩弓とは機能の異なる道具として発達してきたものといえる。

(野林厚志)

パネル12 (復元弩形木製品, 図26~28, 松本岩雄ほか論考参照)

モデル：島根県姫原西遺跡出土の弩形木製品

樹 種：本体クワ、弓カヤ

青銅製引き金、麻製弦、カシ製ヤジリ、竹製矢柄

年 代：弥生時代末

長 さ：91.4cm

幅 : 15cm

厚 さ：6.3cm

日本では推古天皇26年(618)、高句麗からの献上品に弩が見えるのが初見である(『日本書紀』)。律令時代の軍防令では軍団の一隊ごとに強壯者二人を弩手に選んで扱い方の教習を命じ、国郡衙(各地の役所)のほか衛門府・衛士府・兵庫寮にも弩を置くことを規定している。わが国ではこれまで出土例がなかったが、1999年に島根県姫原西遺跡で弩形木製品(弥生時代末)、宮城県伊治城跡で弩の発射装置(青銅製弩機、8世紀末~9世紀初頭)が発見された。

姫原西遺跡出土品には、臂(腕木)の先端に弓を通す孔を開け、反対側には引き金装置をはめ込むための長方形の穴を開けている。臂の上面には矢道を断面V字状に彫り込み、臂尾はライフル銃の床尾のように屈曲している。これらの特徴から、本例は中国漢代の弩を模したものと推測される。ただし、中国の弩が全長50~60cmであるのに対して、当遺跡のものは91cmと著しく長く細身であること、弓を装着する部分が細いこと、引き金装置を納める穴が小さいことなど、中国漢墓から出土する弩とは異なる特徴をもっている。

(参考文献)

島根県教育委員会『姫原西遺跡』1999年。

(松本岩雄)

パネル13 (復元弓1号, 図29・30)

モデル：福井県鳥浜貝塚出土8203号丸木弓

年代：縄文時代前期

樹種：ニシキギ属（マユミ）心去材

長さ：120cm

太さ：2cm

縄文時代の石のヤジリは小型で軽く、人骨に突き刺さった例がごくわずかであることから、弓矢は狩猟用であったとすることが定説である。ただ当時、戦いが少なくなかったとする考えも存在する。また明確な防具は知られていないが、最近発見されたヤジリが刺さった板を盾とする説もある。本プロジェクトでは、日本列島における戦いの開始についての議論に寄与するため、各時代の弓矢がどの程度の性能をもちえたかを解析することとしたい。

復元弓1号は、日本列島で最も古い丸木弓（約6000年前頃）を復元したものである。この頃すでに丸木弓（白木の弓）と飾り弓（赤・黒の漆を塗ったり、樹皮で巻く弓）があり、直弓の両端を尖らせるものと、弭状に加工をするものもあった。矢についてはヤジリ以外の情報が乏しいため各種のものを製作しているが、ここには根ばさみ（ヤジリと矢柄のジョイント）・竹の矢柄・二枚羽根のものを例示した。

(参考文献)

佐原真「かつて戦争があった－石鏃の変質」『古代学研究』78, 1975年。

網谷克彦『縄文時代木製遺物・木工技術の基礎的研究』1996年。

(宇野隆夫)

パネル14 (復元弓2号, 図29・31, 千葉敏朗論考参照)

モデル：東京都下宅部遺跡1号丸木弓

樹種：イヌガヤ心持材

長さ：120cm（推定）

太さ：2cm

下宅部遺跡では3500年前頃の丸木弓が25点出土している。樹種はニシキギ属（マユミ）が1点あるほかは、イヌガヤである。そして当時の一般的な弓として1号丸木弓をモデルにして復元弓2号を製作した。本例は握りの部分で直径約2cmと華奢な作りであり、どの程度の性能をもつかを明らかにしたい。

なお下宅部遺跡は、集落から離れた丘陵縁辺の小川にそって営んだ生産遺跡であり、石器作り・粘土採取・樹皮水晒し・動物解体などに加えて、漆塗りを含む弓矢作りを行っていた。この遺跡は丘陵の森林資源を多角的に利用する場であり、縄文社会の高度な生産の仕組

みの一端を示している。

(参考文献)

東村山市遺跡調査会・下宅部遺跡調査団『下宅部遺跡』1998・1999年。

(宇野隆夫)

パネル15 (復元弓 3号, 図31・32・33, 千葉敏朗論考参照)

モデル：東京都下宅部遺跡20号飾り弓

年 代：縄文時代後期

樹 種：イヌガヤ心持材

長 さ：150cm (推定)

太 さ：3.2cm

下宅部遺跡では、飾り弓も10点がまとまって出土している。弓材はイヌガヤ3点に加えて、ニシキギ属(マユミ)2点、カバノキ属(ミズメ)1点が含まれている(5点は樹種不明)。

縄文時代の飾り弓は、糸巻き・樹皮巻きや赤・黒の漆塗りを駆使した高い工芸技術になるものであるが、復元弓2号のモデルとした20号飾り弓は、下地に黒色漆を塗り、樹皮巻を赤色漆で固めて、仕上げに赤色漆を塗った逸品である。

この飾り弓は、儀礼の場にふさわしいという印象を与えると同時に、白木の丸木弓より太く長いものが多く、強化弓として実用の面でも高い性能をもつと予想される。これも工学実験で確かめたい所である。

(参考文献)

東村山市遺跡調査会・下宅部遺跡調査団『下宅部遺跡』1998・1999年

(宇野隆夫)

パネル16 (復元弓 4号, 図32・34, 松木武彦論考参照)

復元弓2号を弥生弓の弭(弦をかける部分)に加工した。

弥生時代の弓は、佐賀県菜畑遺跡の半彎弓1例(復元弓7号)を除いて、基本的には縄文時代のものと同じ丸木の直弓である。矢は、カシの若木を使った出土例が知られているが、竹製もあったであろう。羽根については銅鐸に二枚羽根らしいものを描くほかは、資料がない。ヤジリは、はじめ石で作り、途中から鉄や青銅のものが増える。骨製・角製・木製のヤジリもある。これに対する防具としては、木製のヨロイと盾とが知られている。ヨロイには、大きい木材を削りぬいて作ったいわゆる一木作りのものと、木板を紐で綴じ合わせて作ったものがある。盾は、置き盾と持ち盾とがあり、通常は厚さ1cm前後の木板を加工して、作る。

弥生時代の弓の最大の特徴は、弓の末端を肩状に削り出し、リング状にした弦の先端(弦輪)をそこに引っかけて装着するという新しい手法である。これによって、発射時の弦の振動が弓をぶれさせる度合いが減り、命中率が高まったという説がある。また使用しないときには弦を外して弓を休ませ、その反発力を長く保つことにもつながっただろう。ちなみに、

この手法は現在の弓道でも用いられている。

そのため復元弓4号は、縄文時代の復元弓2号の先端を肩状に削り出し、弦輪を掛けられるように製作した。弥生時代の弓の特徴である肩状弭と弦輪による弦の装着法が、純粹にどれほどの効果があるのかを調べるために製作したものである。

(参考文献)

福岡市教育委員会『雀居遺跡』3, 福岡市埋蔵文化財調査報告書第407集, 1993年。

奈良国立文化財研究所『木器集成図録』近畿原始篇, 1993年。

(松木武彦)

パネル17 (復元弓5号, 図35, 松木武彦論考参照)

復元弓3号を弥生弓の弭(弦をかける部分)に加工した。

これも、復元弓4号と同じように、弥生時代の弓の特徴である肩状弭を、縄文時代の大型弓(復元弓3号)の先端に作り出したものである。弥生時代の中頃(紀元前2～1世紀)には、石のヤジリのなかに大きくて重いものが現れる。鉄や青銅のヤジリにも、軽いものと重いものがある。これらの重いヤジリは対人用の武器と考えられるが、その出現に伴って弓もまた変化したかどうかは解明されていない。ヤジリが重くなるにしたがって、バランス上、矢の長さや太さも増さなければならず、それを飛ばすためには大型の弓が必要となったはずである。復元弓5号は、弓が大型化することの機能的な意味を確認するために製作した。

(参考文献)

佐原真ほか『銅鐸の絵を読み解く』国立歴史民俗博物館, 1997年。

(松木武彦)

パネル18 (復元弓6号, 図35・37, 松木武彦論考参照)

モデル：大阪府亀井遺跡出土土丸木弓

樹種：イヌガヤ心持材

年代：弥生時代中期

長さ：150cm

太さ：3cm

大阪府東大阪市亀井遺跡の出土例(紀元前2～1世紀)を参考にして復元した。長さ150cmであり、弥生時代のものとしてはやや大型の部類に入るが、稀なほどの大きさではない。弥生時代の弓の多くはこうした長弓で、真ん中のやや下を握って矢をつがえていたようすが銅鐸の絵画に描かれている。ちなみにこの射法は現在の弓道にまで受け継がれている。上下端は、弦輪を引っかけるために肩状弭を削り出している。材質はイヌガヤの芯持材。イヌガヤは弥生時代の弓にもっとも多用され、カヤがこれに次ぐが、ともに針葉樹である。四個所に桜の皮を巻いてあるのは、本来は弓本体の強化や保護のためであろうが、装飾的な効果もうかがえる。

(参考文献)

大阪文化財センター『亀井遺跡』II, 1984年。

奈良国立文化財研究所『木器集成図録』近畿原始篇, 1993年。

(松木武彦)

パネル19 (復元弓 7号, 図38, 松木武彦論考参照)

モデル: 佐賀県菜畑遺跡出土丸木弓

樹 種: シイ心持材

年 代: 弥生時代前期

長 さ: 80cm

太 さ: 2 cm

佐賀県菜畑遺跡から出土した、弥生時代初頭(紀元前5世紀頃)の半彎弓を復元したものである。弦を掛けると反対方向に彎曲し、直弓をはるかに超える反発力を得ることができる。材質はシイの芯持材で、上部と下部とは断面が半円形になるように削り加工を施している。他には類例がなく、その後の日本列島の弓はもっぱら直弓に限られることから、弥生時代初頭に朝鮮半島から伝わったあと、まもなく途絶えたと考えられている。ただし、3世紀の「魏志倭人伝」には、倭から中国に贈った品物の一つに「短弓」を伝えている。中国大陆や朝鮮半島北部ではこの種の弓が主流であることも考えると、その後の日本列島にまったく存在しなかったとは断定できない。

(参考文献)

唐津市教育委員会『菜畑遺跡』唐津市文化財調査報告第5集, 1982年。

橋口達也「九州の戦いの始まり」『倭国乱る』国立歴史民俗博物館, 1996年。

(松木武彦)

パネル20 (復元弓 8号, 図38・39, 松木武彦論考参照)

モデル: 栃木県七廻り鏡塚古墳出土丸木弓

年代: 古墳時代後期(6世紀)

樹種: ケヤキ辺材

長さ: 190cm

太さ: 2.5cm

古墳時代には、弥生時代のものよりもさらに大型の弓が登場する。古墳から出土するものは長さが2m近くある場合もあり、多くはケヤキなどの広葉樹で作られている。古墳の副葬品として出土するものは、弓の本体に飾りなどをつけるための孔をあけたり、別作りの金属製の弭をかぶせるなど、装飾性が高い。ヤジリは、初期には青銅製もあるが、ほとんどは鉄製である。形や大小がバラエティに富んでおり、どこまでが実用可能なヤジリであったのかを特定することも、今回の大きな主眼の一つである。防具としては、鉄製の甲冑(ヨロイ・カブト)が現れる。盾は、木盾もあるが、革に刺繍を施して漆を塗った盾が現れる。わずか

一例だが鉄製の盾も知られている。

復元弓 8 号は古墳の副葬品に多いタイプの大型直弓であり、栃木県七廻り鏡塚古墳の出土例をもとに復元した。長さは190cm、ケヤキの辺材である。弓本体の、弦を引く方向の側には、「樋」とよばれる溝を掘ってある。その機能については、張力の調整などさまざまな説があるが、正確にはまだ解明されていない。弭は、張った弦の方向に合わせて肩状部分を傾斜させているが、これは古墳時代の弓によくみる機能的工夫である。その一方、実物は飾り金具を付けるための孔を弓本体の先端近く穿つなど装飾性が高い。この弓がどれほどの実用性をもっているかは、古墳に副葬された弓の性格を決定するうえで重要である。

(参考文献)

小林謙一「歩兵と騎兵」『古墳時代の工芸』古代史復元 7, 1990年。

大和久震平『七廻り鏡塚古墳』1974年。

(松木武彦)

パネル21 (復元弓 9 号, 図38)

モデル：正倉院第 1 号梓弓

樹 種：ミズメ心持材

長 さ：166.5cm

太 さ：2.9cm

古代（飛鳥・奈良・平安時代）になると、王墓に大量の武器を納める風習がすたれるが、正倉院伝来品によって、当時の弓矢について知ることができる。その27張の弓の長さの平均は208cm、太さの平均は 3 cmである。

矢はヤジリの形態が多様であるが、貫通力の高い長頸形のものと、切るあるいは儀仗用の平根・雁又形のものからなり、古墳時代中・後期と基本は変わらない。弩の本格採用や、梓の使用にみるように、当時の弓矢の改良は発射力の増大に力点をおいた。なお防具は当時代に、弓矢攻撃に強く軽便であり長持ちするという理由で、鉄製から漆塗り革製に転換する方向にあった。

復元弓 9 号は正倉院第 1 号梓弓をもとに製作した。実物は漆塗りで黄・黒の斑染めにし、金銅製弭金具が付属するが、弭金具は後から補ったものであり、復元弓では省略した。梓の樹種については諸説があるが、最も可能性が高いミズメで復元した。この樹種は従来は使用例がほとんどないものであり、梓弓は当時の最高の弓であった可能性が高い。

(参考文献)

後藤守一「正倉院御物矢」『人類学雑誌』第55巻, 第10号, 1940年。

宮内庁正倉院管理事務所から写真を提供頂くとともに、種々の便宜をおはかり頂いた。

(宇野隆夫)

パネル22 (復元弓10号, 図40)

モデル：正倉院第12号槻弓

樹種：ケヤキ心持材

長さ：188cm

太さ：3cm

正倉院には、3張の梓弓に加えて、24張の槻弓が存在する。槻弓は梓弓に次ぐ格式のものであり、実戦では主力の弓であったであろう。この内の12号槻弓をモデルにして、復元弓10号をケヤキで製作した。また遺跡からは、カヤ・ヒノキ・スギなどを用いた簡素な丸木弓が出土している。これらの各種の弓の威力が実際にどの程度違うかを明らかにすることを、解明したい。

なお武器としての弓の他に、正倉院には著名な墨絵弾弓（楽器）が伝来する。これは用途が明確な例であるが、弓は戦いだけではなく、色々の場で使用されるものであった。

(参考文献)

宮内庁正倉院管理事務所から写真を提供頂いた。

(宇野隆夫)

パネル23（復元弓11号，図40・41）

モデル：真巻弓（合せ弓）を正倉院第1号梓弓（復元弓9号）の規格で製作

樹 種：櫟（ハゼ）に竹を張る

長 さ：166.5cm

太 さ：2.9cm

中世（平安時代後期～戦国時代）の弓矢は、ヤジリは従来と変わらず貫通力が高いものと切る機能を中心にする二種の構成であり、形が画一化する傾向があった。これに対して弓には、2種の材を張り合わせた合せ弓が出現するという大変革が生じた。強いが折れやすい材に、粘りのある材を張ることによって、弓の性能は飛躍的に高まる。

真巻弓は丸木弓に竹を張って強化したものであり、平安時代後期頃にはじまる初源的な合せ弓である。ここでは櫟材に竹材を張った弓を正倉院第1号梓弓の規格で復元して威力を比較することとした。合せ弓の技術によって威力がどれほど強まるかを明らかにしたい。

弓の変革は防具の変革と表裏であり、このころ従来の革製のヨロイにかわり、鉄板を綴じ合わせて作ることが普及し出した。当時の戦記物語には、大鎧を着用して身構えた相手を弓矢でたおすことを大変なこととして記している。強弓を引く武将が卓越した技術を誇示する一方で、弓矢は斉射して敵戦力をそぐ支援武器的な使い方が主になったと推定される。そのため戦国時代（16世紀）に到来した鉄砲は高性能の弓矢であっただけではなく、中世の基本的な戦法を変えるものとなった。

(参考文献)

小松茂美編『蒙古襲来絵詞』日本絵巻大成14，中央公論社，1978年。

古代学協会『法住寺殿跡』平安京跡研究調査報告第13輯，1984年。

(宇野隆夫)

パネル24 (復元弓12号, 図40・42・43)

モデル：近世以後の弓矢

平安時代中頃に木竹合成弓が登場して以来、日本の弓の構造は基本的には変化していないものの、着実な進化を遂げた。現在ひろく使用されているヒゴ入り弓は江戸時代初期に工夫されたと考えられている。その後、弓の内部に通すヒゴの数を増やして弾性を強化する工夫がなされた。内部を通すヒゴが3本の弓を三枚ヒゴ、5本の弓を五枚ヒゴという。また江戸時代に藩の威信をかけて競技された三十三間堂通矢により、より低い弾道で遠くへ飛ぶ矢を楽に発射するための弓の工夫が進められた。

弓矢はもはや主戦武器ではなかったものの、江戸時代を通して戦力としての地位を失うことはなかった。また各藩の弓師が用具の工夫を重ねることによって、地域ごとに特色ある弓の形状が生まれていった。今日、弓形状の地域色は薄れつつあるが、伝統を受け継ぐ弓師たちによって、現代のカーボン素材や合成接着剤を使ったさらなる工夫が続けられている。

(参考文献)

入江康平・森俊男『弓道指導の理論と実際』不昧堂出版、1998年

広瀬彌一『用射録』天和元年

(山田奨治)

パネル25 (弓の長さ・太さと張力, 図44・45)

「弓が長大化することによって威力が増す」というイメージがあるが、長さとは張力にどのように影響するであろうか？力学モデルにしたがって考えてみる。丸木弓を引き絞ることを、「丸棒両持ちはりの中央加重によるたわみ」と単純にモデル化するならば、弓の張力 w は、

$$w = 3\pi E \delta d^4 / 4l^3$$

と数式化できる。ここで E は弓材料の縦弾性係数、 δ は矢をつがえて弓を引っ張ったときの弓から矢筈までの距離(矢尺)、 d は弓の直径、 l は弓の長さをあらわしている。

この数式からいえることは、弓の長さが長くなると張力は長さの3乗に逆比例してちいさくなるということである。つまり矢尺が一定ならば、弓が長大化するほど威力は減少する。しかし弓が長大化すると、矢尺をおおきくとれることによる威力の増加が得られる。一方、弓の太さが太くなると張力は太さの4乗に比例しておおきくなる。弓の張力に対しては、長さよりも太さのほうがおおきな意味を持っている。

(山田奨治)

パネル26 (弓の材質—針葉樹と広葉樹—, 図46～48)

5～6世紀ころを境として、日本の丸木弓の材料は、カヤ・イヌガヤなどの針葉樹からケヤキ・梓(ミズメと推定される)などの広葉樹へと変化した。この変化は何を意味しているのだろうか？一般的にいて、針葉樹のカヤと広葉樹のケヤキ・ミズメとでは、前者とくらべて後者のほうが反撥力が強く剪断に強い反面、比重が重いという違いがある。

これらの力学的性質の差異によって、針葉樹弓から広葉樹弓への歴史的変化を説明しうるか否かについては、弓材の材料定数のより信頼度のたかい計測も含めて、現在の研究課題となっている。

(山田奨治)

パネル27〔上長下短弓の効果(1) — バネ定数の増加 —, 図49・50〕

日本の古代弓の現代につながる特徴は、世界に類例をみないほど長大であることと、弓幹の中央よりも下を握って使用することの2点である。弓を上長下短に使用することは、『魏志倭人伝』の記述や銅鐸絵画にみられ、その理由をめぐって、さまざまな説明がなされている。ここでは弓を上長下短に使用するとどのような効果が得られるかについて、力学的に考えることにする。

弓幹の保持位置を下にずらせると、バネ定数が増して弓の威力が増加するという性質がある。それに加えて、弓の長い上部よりも短い下部のほうが素早く復元して矢を上方に送り出すことにより、矢の飛距離が増加する。

(山田奨治)

パネル28〔上長下短弓の効果(2) — エネルギー伝達効率 —, 図51・52〕

引き絞った弓に蓄えられた位置エネルギーが矢の運動エネルギーに変換される割合を、エネルギー伝達効率といい、つぎのような式で計算できる。

$$\text{エネルギー伝達効率} = \text{矢の運動エネルギー} / \text{弓の位置エネルギー}$$

エネルギー伝達効率がたかいほど、その弓の機械的性能が良いことを意味する。長さ180cm楯角材のモデル弓を使って、弓を上下対称に使用した場合と上長下短に使用した場合のエネルギー伝達効率を実測したところ、上下対称のほうが弓の機械的性能が良いという結果が得られている。しかしながら、上長下短に使用したほうがバネ定数が増加するため、矢の初速はわずかながら上長下短のほうがおおくなる。エネルギー伝達効率や矢の初速には、弓の張力と矢の重量のバランスや弦の重量も影響するので、はっきりとした結論を得るにはさらなる研究が必要である。

(山田奨治)

パネル29〔上長下短弓の効果(3) — 体感振動の減少 — 図53・54〕

弓を引き絞って発射する際、弓幹の中央部は体に近づく方向に、弓の両端は体から遠ざかる方向に移動しようとする。それによって弓幹の中央部は「振動の腹」となり、この部分を持っていると発射時の体感振動がもっともおおくなる。弓幹の上下1/3くらいの位置にはふたつの「振動の節」があり、この付近を持っていると発射時の体感振動はすくなくなる。

弓を上長下短に使用することは、弓の下部にできる「振動の節」を持って発射することにあたり、手に伝わる発射の衝撃がすくなく、ねらいの安定や使用感の向上などの効果が得られると考えられる。握り位置が上下対称と上長下短とでは体感振動にどのような差があるか、

実際に体験されたい。

(山田奨治)

パネル30 (イヌガヤ復元弓の製作, 図55)

丸木弓がどの程度の威力を持っているのか、復元弓を試作して発射実験をおこなった。北海道にある東京大学農学部富良野演習林に自生していたイヌガヤを1999年12月に伐採し、約3ヶ月間乾燥させた後、縄文弓をモデルに切削した。まず材におおきな虫食いや割れがないことを確認し、まがり具合をみながら使用する部分を決め、樹皮をはぎとり、弓筈を削り、上下のバランスをみながら太さを調整する。弦は麻の梱包ひもを寄り合わせたもので代用し、弦の掛け方はアイヌの民族事例を参考にした。

現代の弓道で使用するヤジリのついていないジュラルミン矢で、5～6mの距離から厚手の段ボールを4枚重ねた的を射たところ、軽局的を貫くことができた。

(山田奨治)

パネル31 (矢の重量と重心, 図56・57)

矢の重量、とくにヤジリの重量は矢の飛行におおきく影響する。矢の発射速度が等しい場合には、軽いヤジリは運動エネルギーがちいさく、貫通力がないかわりに遠くまで飛ぶ。反対に重いヤジリは遠くに飛ばすことはできないが、運動エネルギーがおおきいので貫通力がある。標的がたかい場所にある場合は、重いヤジリでは矢が届かない場合があるが、標的がひくい場所にある場合は、重力の作用によって重いヤジリが持つ貫通力が生きる。矢の中央よりもヤジリよりに重心があると矢の集中性がたかまり、矢筈よりに重心があると矢の飛距離が伸びる。

(山田奨治)

パネル32 (工学実験風景, 図58・59)

和弓による矢の発射と飛翔状況の撮影、復元弓の加速度の測定など、考古学実験の様子を示す。

(中島尚正)

パネル33 (復元弓の加速度, 図60)

グラフの横軸は時間、縦軸は加速度を示す。そしてこのグラフを時間積分したもの、すなわち面積が矢の速度となる。縦軸の値が大きいほど矢に強い衝撃が加わり、同じ面積を描く場合でも、より平坦なグラフの方が矢への負担が少なくなる。

復元弓1 (縄文丸木弓) と復元弓7 (弥生半彎弓) では平坦なグラフとなり、復元弓4 (縄文飾り弓+弥生式弰) と復元弓11 (中世合せ弓) とでは比較的とがったグラフになった。現代の和弓は、平坦なグラフとなる。

(中島尚正)

パネル34 (復元弓のエネルギー変換効率と矢の速度, 図61～69)

各復元弓のエネルギー変換率は、次の式で求められる。

ここで、発射エネルギー E_1 は、矢の運動エネルギーであり、

$$E_1 = \frac{1}{2}mv^2$$

m ：矢の質量 (kg)

v ：初速 (m/s)

また、弓が貯えた弾性エネルギーは、引き幅と引張力の関係から求められる。図の面積 S が、貯えた弾性エネルギーとなる。

このエネルギー変換効率は、弓を引くのに使ったエネルギーが、どれだけ矢に伝わったかを示す値である。引き幅を大きく取れば、その分ロスが大きくなり、エネルギー変換効率は小さくなると考えられる。

・復元弓 1 (縄文丸木弓, 図62)

エネルギー変換効率は高い値を示している。これは、弓柄が非常に短いことが原因として考えられる。

しかし、弓柄があまりに細いため、10 cm程度の引き幅しかとれず、高い速度を出すのは難しいと思われる。

・復元弓 2 (縄文飾り弓, 図63)

エネルギー変換効率は、復元弓 1 に比べて低くなっている。これは、弓柄が長く、太いことが原因の一つと考えられる。また、復元弓 4 (弭を弥生式に変えただけのもの) との比較では、復元弓 2の方がエネルギー変換効率がよいことがわかった。これは、復元弓 4の方が若干太いことが原因と考えられる。すなわち、エネルギー変換効率の点で言えば、弭の違いよりも、弓の太さや長さの影響のほうが強いと言える。

・復元弓 4 (復元弓 2 + 弥生式弭, 図64)

長さは復元弓 2 と同じだが、エネルギー変換効率は低くなった。復元弓 2 より弓柄が若干太いためではないかと考えられる。

・復元弓 5 (復元弓 3 + 弥生式弭, 図65)

この弓もあまり引き幅を取る事ができず、速度も小さくなった。

・復元弓 6 (弥生丸木弓, 図66)

エネルギー変換効率は低くなった。これは、弓柄が長く、太いためだと思われる。

・復元弓 7 (弥生半彎弓, 図67)

この弓は、他の弓に比べて、軽い力で引き幅を取る事ができる。即ち、少ない力の割に多くのエネルギーを貯えられると考えられる。20 kgfの力で引っ張った時、この弓が最も速度が大きくなる。

・復元弓 9 (正倉院梓弓, 図68)

今回の実験で用いた弓の中で弓柄が最も長いせいか、エネルギー変換効率も低くなった。

引き幅を大きく取れば、速度はそれなりに出ると考えられる。

・復元弓11（中世合せ弓，図69）

今回実験に用いた弓の中で、最も高いエネルギー変換効率を示した。これは、引くのに大変大きな力を要するにも関わらず、弓自体が非常に軽いことが原因の一つと考えられる。

（中島尚正）

パネル35（近世弓の発射技術，図70～73）

日本の弓は射手からみて、矢を弓の右側に置き発射する。弦は弓幹の中心方向にむかって返ることもあり、発射過程で矢と弓との間に摩擦が生じ、矢はねらいよりも右方向にそれることになる。また弓を握る位置が中央より下方にあるため、弓幹上下の返る速さに差が生じ（下方が速くなる）、矢は上方に飛び出す。したがって、矢はねらいよりも右上方へ飛行することになる。

これを修正するために発射の瞬間に、弓を握る左手で弓幹を左方向へ「ねじり」、なおかつ弓の上部は的の方へ倒す力（「上押し」という）を同時にかける。この左手の発射技術は「角見（つのみ）の働き」とよばれ、射手が生涯にわたって習得しなければならないこととされている。

この発射技術を駆使する安定した発射のためには、発射の前段階の「詰合（つめあい）」「伸合（のびあい）」という動作が大事になる。これは(1)ねらい、(2)矢尺（やじゃく；引くべき矢の長さのこと）、(3)胸弦（むなづる、弦を胸につけること）、(4)頬付（ほおづけ；矢を頬につけること）の四つを同時におこない、弓を引き絞る力を間断なく増加させて発射に備えることが射法上の重要なポイントとなる。

（細谷 聡）

パネル36（近世弓の形状が生み出す力学的特性，図74～76）

近世弓の大きな特徴の一つに形状がある。弓を側面から見たときの弓幹と弦がおりなす形を成（なり）という。とりわけ、弦を単に張ったときには「張顔（はりがお）」とよび、弓を引きしぼったときの形は「引成（ひきなり）」とよぶ。

先人たちは成（なり）から弓のバランスを判断し、この成（なり）を重要視してきた。現在でも弓の取り扱いや弓選びの大切な情報の一つになっている。実は、この独特な形状には面白い弾性的な性質がかくれている。弓を発射する際に加える「ねじる」力が弓の発射過程の後半まで多く加えられていれば、その力が弓の曲げ方向のエネルギーとしてたくわえられ、結果として矢の発射速度が増すという実験結果がでている。先人たちはこの性質を経験的に知り、弓の形状を工夫し重視してきたとも考えられる。

（細谷 聡）



図5 和弓（右）と洋弓（左）



セルマトンの弓矢，旅行には必ず弓矢を携帯する（パプアニューギニア西部州，秋道智彌氏撮影）



セルマトンの子供（パプアニューギニア西部州，秋道智彌氏撮影）



儀礼用に豚を弓矢で殺す（パプアニューギニア西部州，秋道智彌氏撮影）



慣習的な衣裳にみをつつんだギデラの人々（パプアニューギニア西部州，秋道智彌氏撮影）

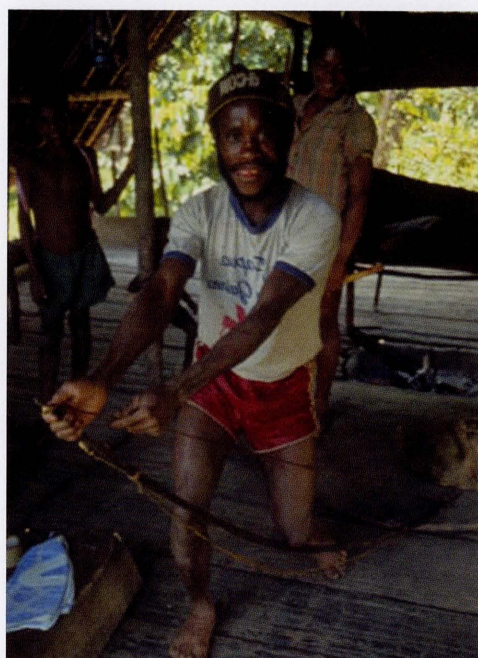


狙いをつけるイワム（パプアニューギニア，セビック・メイリバー，吉田集而氏撮影）

図6 オセアニア・パプアニューギニアの弓矢



イワムの弓矢（パプアニューギニア，セピック・メイリバー，吉田集而氏撮影）



弦を張るイワム（パプアニューギニア，セピック・メイリバー，吉田集而氏撮影）



サンの狩猟者（アフリカ・ボツワナ，池谷和信氏撮影）



狙いをつけるサンの狩猟者（アフリカ・ボツワナ，池谷和信氏撮影）

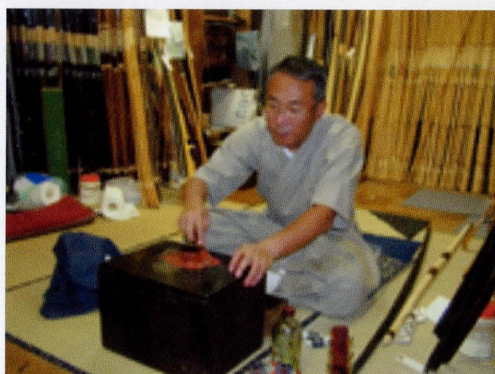
図7 オセアニア・パプアニューギニアの弓矢（上段）とアフリカの弓矢（下段）



図8 弓矢民族資料の展示状況（国立民族学博物館所蔵）



弓の製作



弓の漆塗り



矢の製作

図9 弓矢の復元（小山弓具）

新石器時代前半

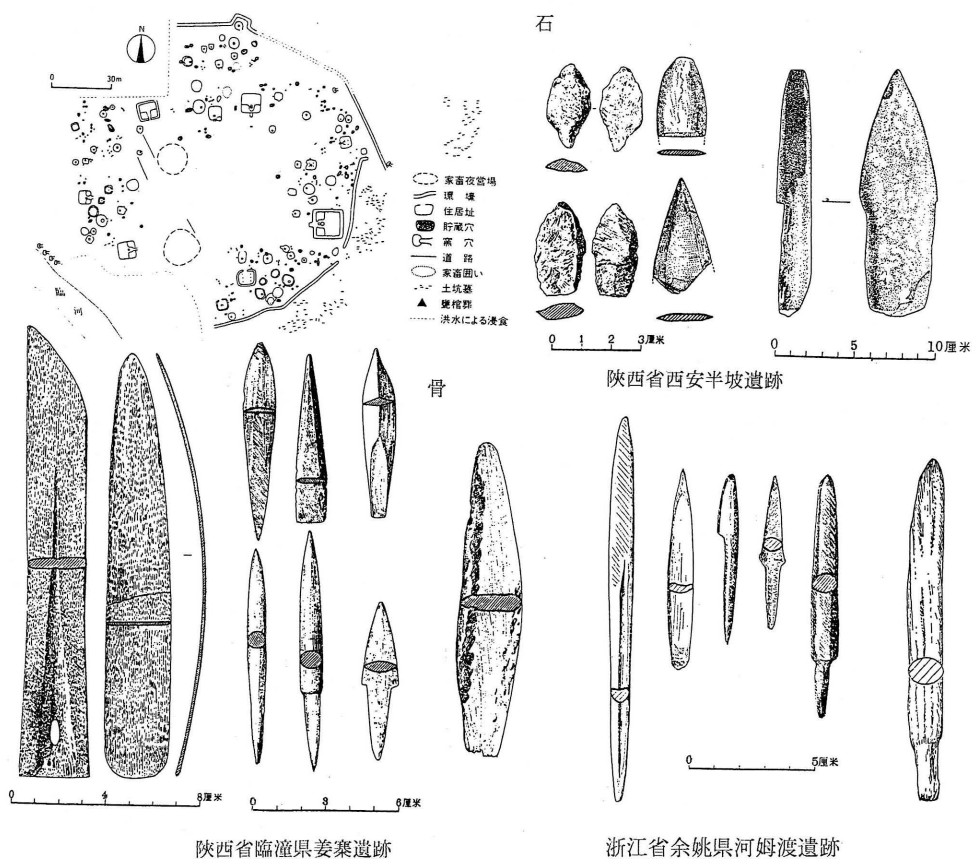
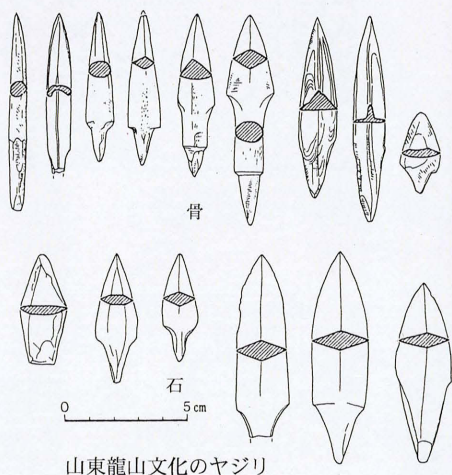
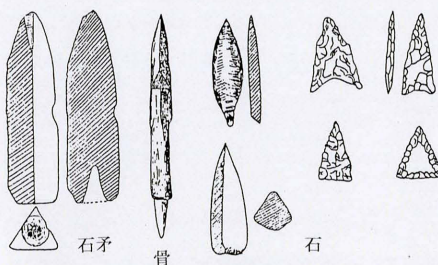
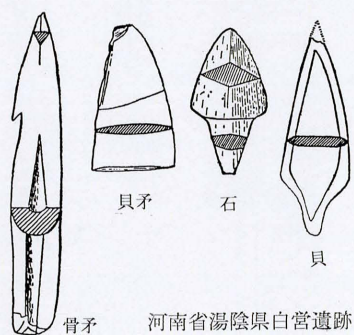


図10 中国の弓矢 (1)

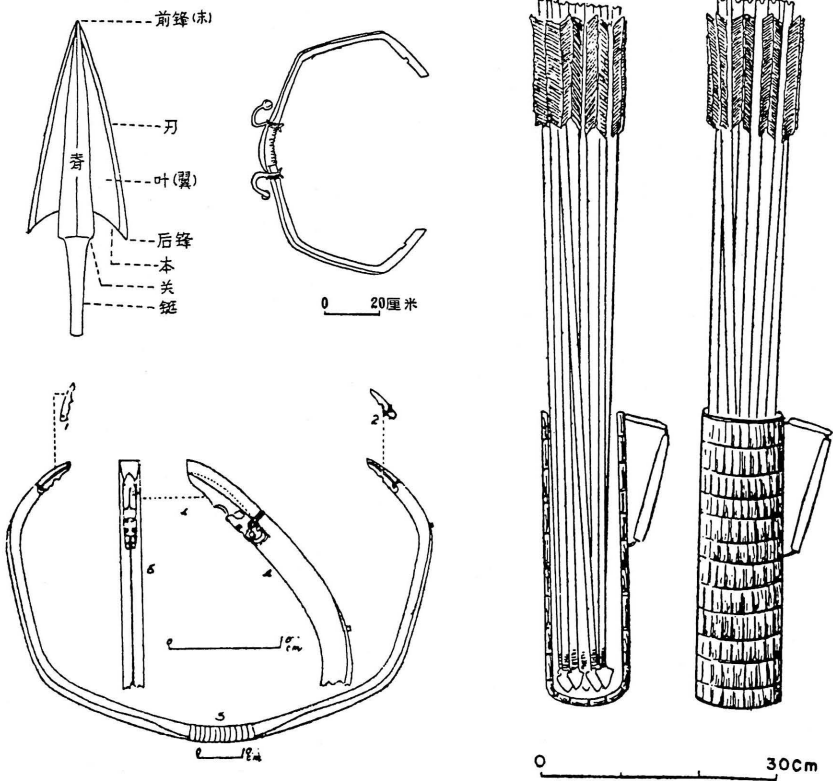
新石器時代後半



山東省章丘県城子崖遺跡の版築城壁
(基底部幅約 10m, 東西 390m・南北 450m, 約 18 畝)

図11 中国の弓矢(2)

商・西周時代



石璋如の復元による弓と矢と盾

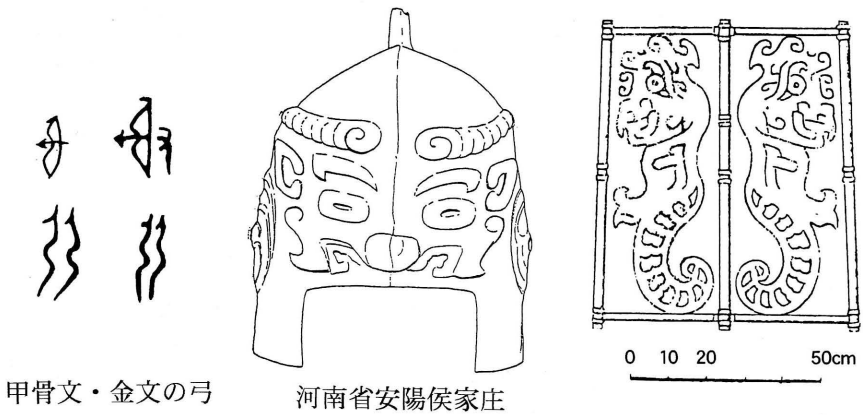


図12 中国の弓矢(3)

春秋時代以後

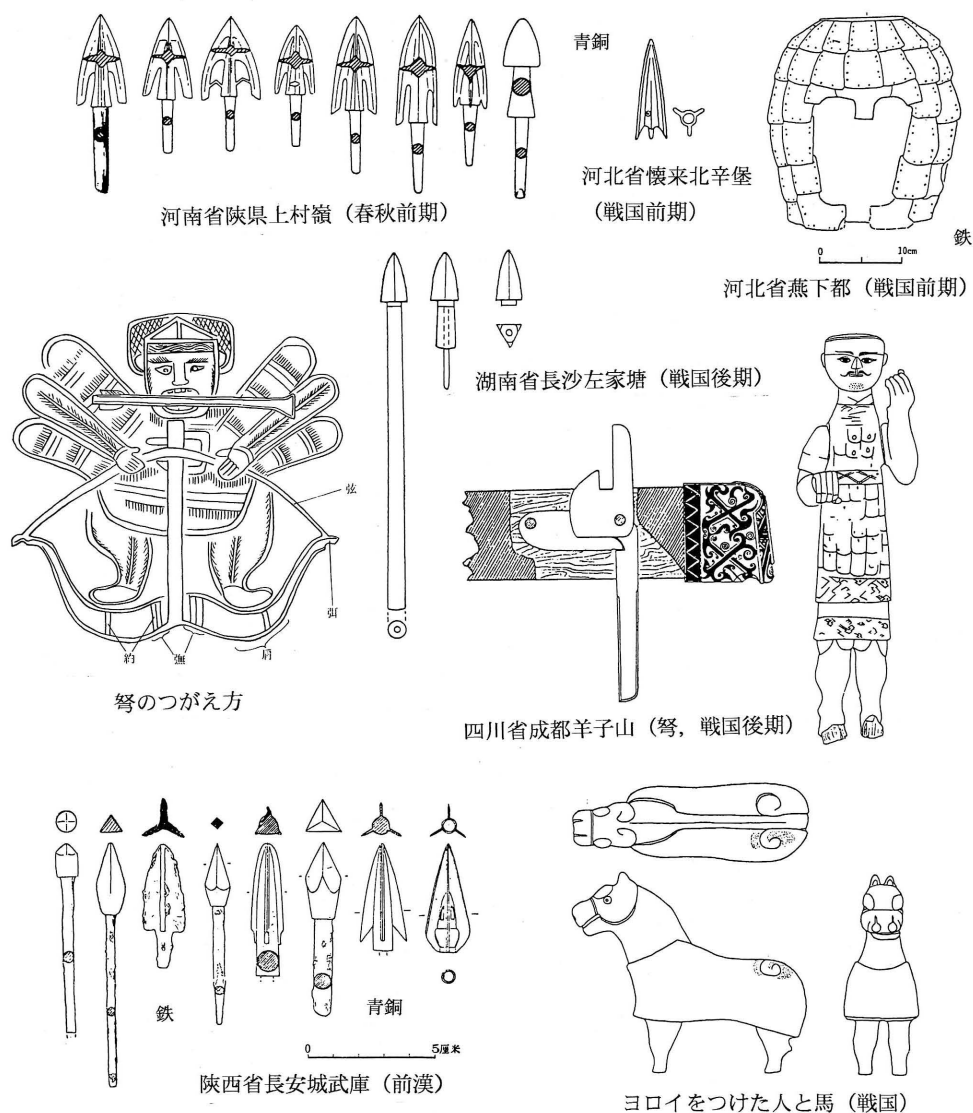
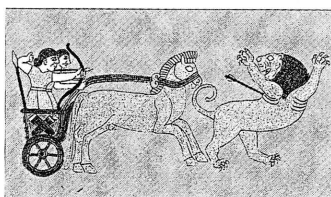


図13 中国の弓矢 (4)

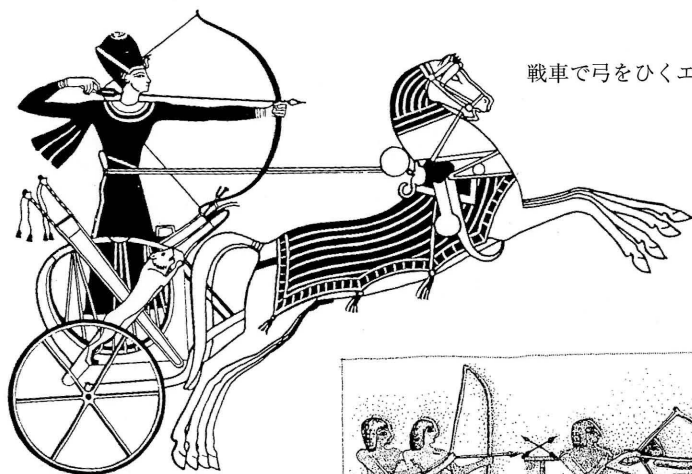


新石器時代の弓矢による戦い
(接近戦, スペイン, レヴァント)

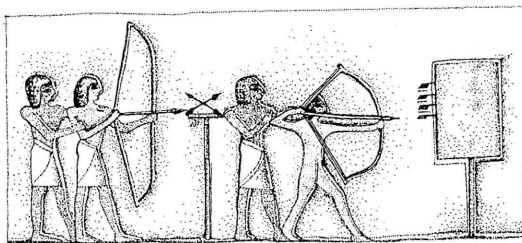


新石器時代の弓矢による戦い
(離れて斉射, スペイン, レヴァント)

ヒッタイトの戦車と弓兵 (1200 B.C.)

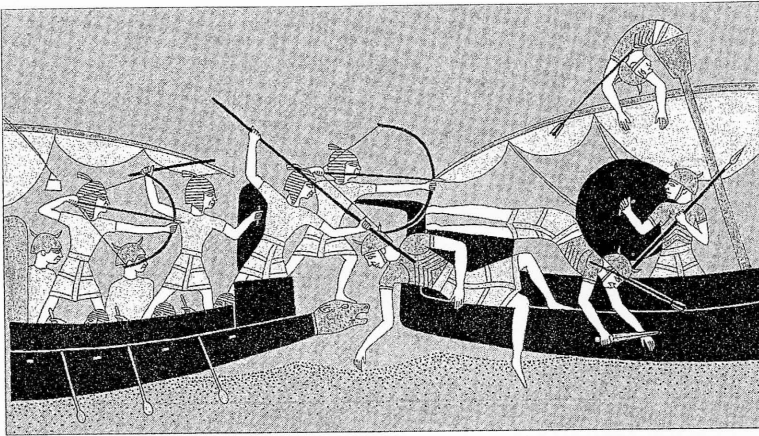


戦車で弓をひくエジプトのラムセス 2 世

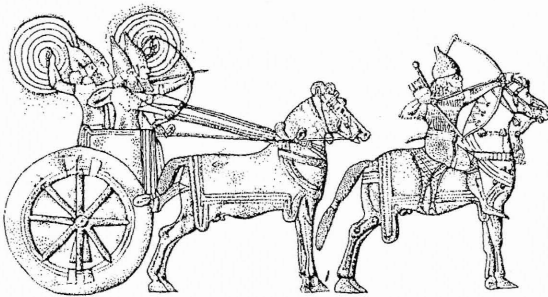


弓をひく練習 (エジプト新王朝)

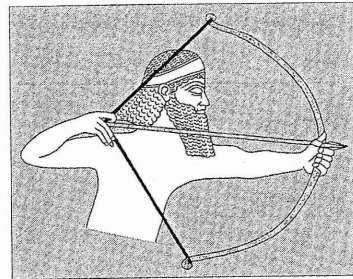
図14 西洋の弓矢 (1)



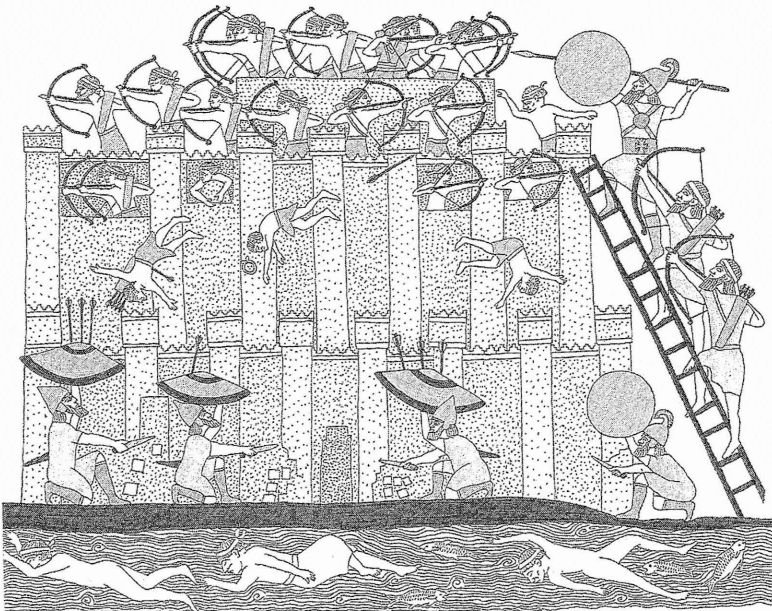
海の民 Sea People を攻撃するエジプト兵(1190 B.C.頃の浮彫の模写)



アッシリアの騎兵と戦車兵

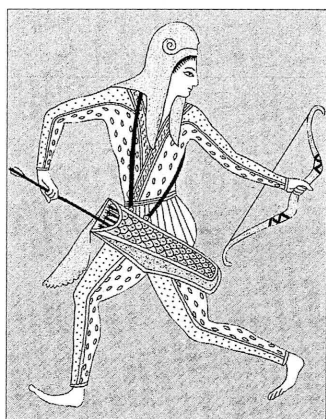


アッシリア兵の射法

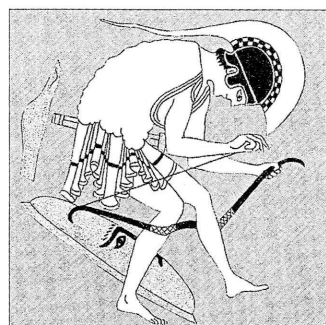


アッシリア軍の都市攻撃(紀元前7世紀浮彫の模写)

図15 西洋の弓矢(2)



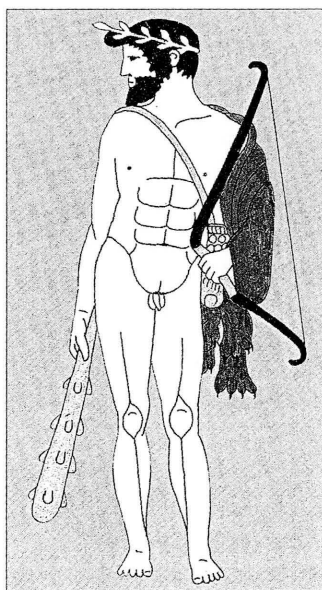
スキタイの弓兵
(515 B.C.頃のギリシアの陶器絵)



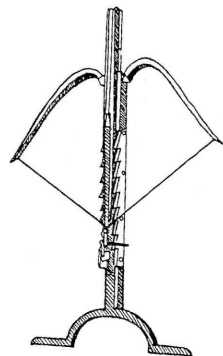
スキタイ式の弓に弦を張る弓兵
(ギリシアの陶器絵)



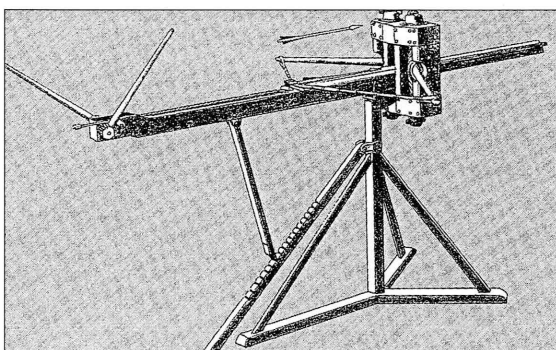
ローマ軍の傭兵
(110 B.C.頃の浮彫の模写)



ギリシアの兵士 (紀元前 5 世紀の壺絵)



アレキサンダー大王時代の弩



ローマ時代の射矢機と太矢

図16 西洋の弓矢 (3)



図17 復元中国式弩の展示

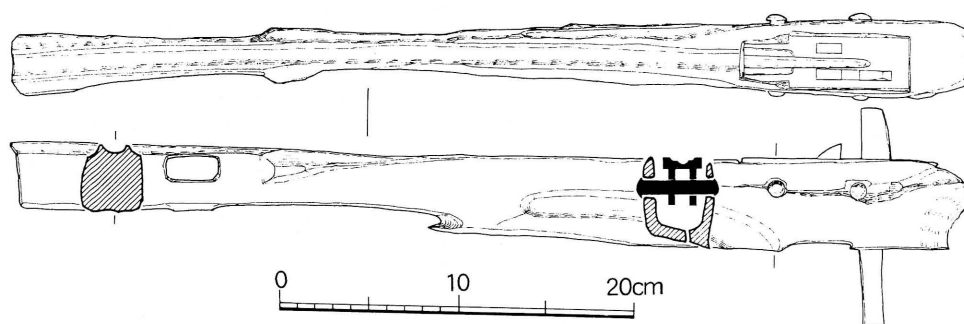


図18 ピョンヤン市石巖里219号墓の弩

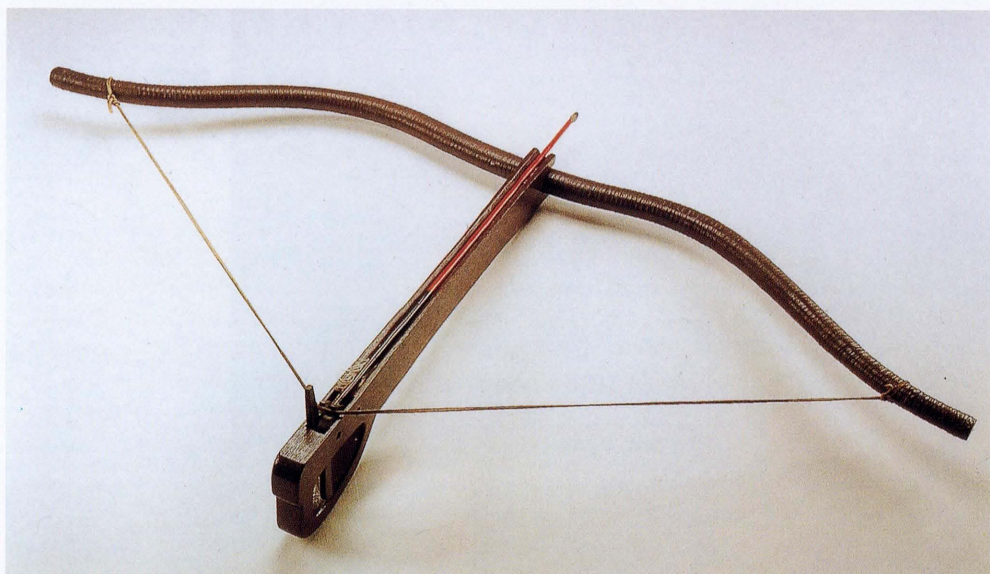


図19 秦弩復元模型



図20 秦始皇帝陵1号車の銅弩

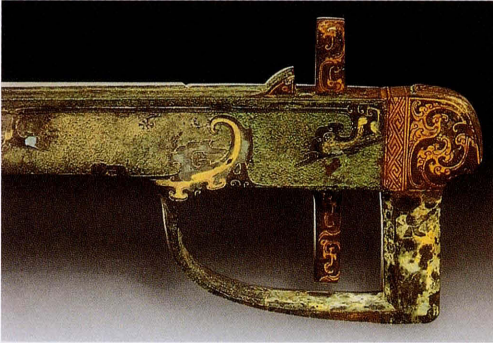


図21 銅弩の基部



図22 青銅製の弩機



図23 青銅鏃



図24 弩の射ち（伝 顧凱之「女史箴図」）

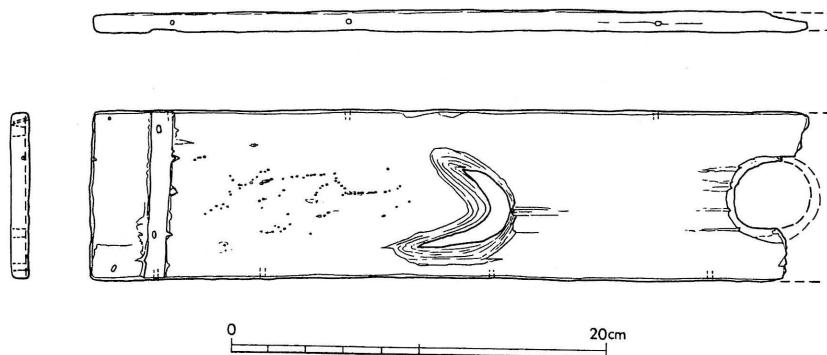


図27 島根県姫原西遺跡と中国の交流を示す、日月形透かしの琴板

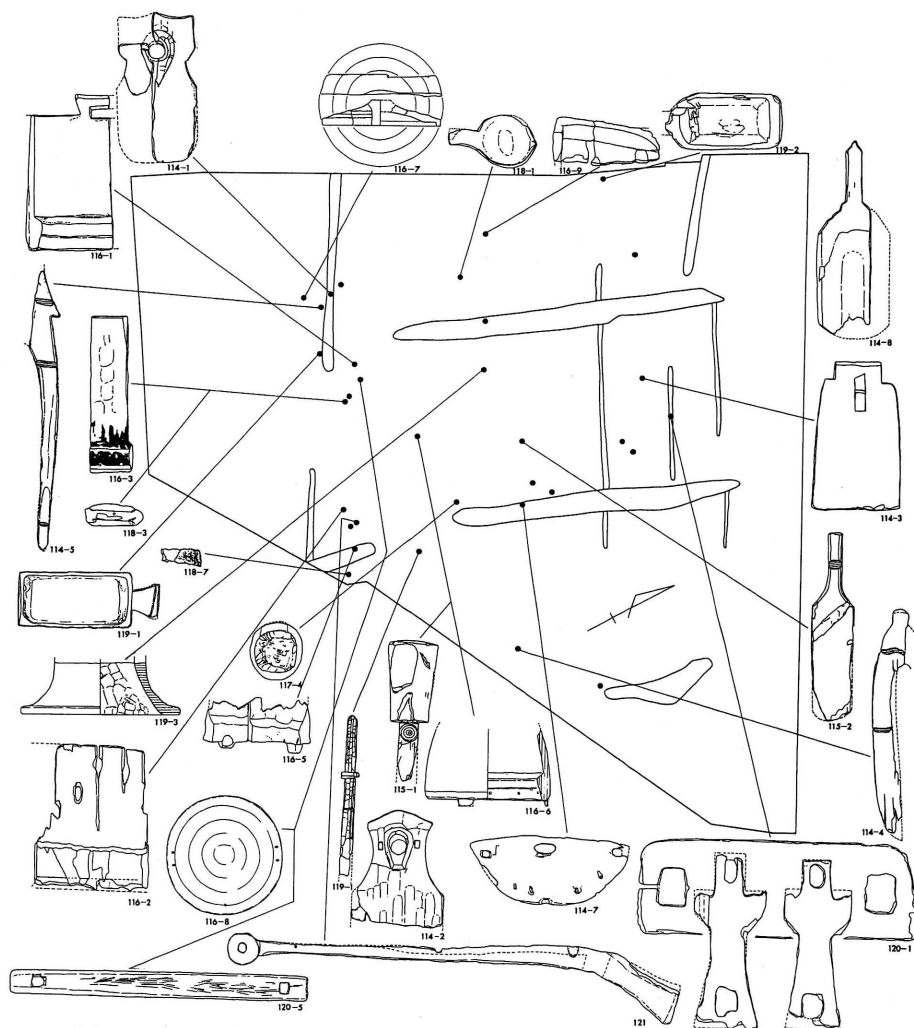
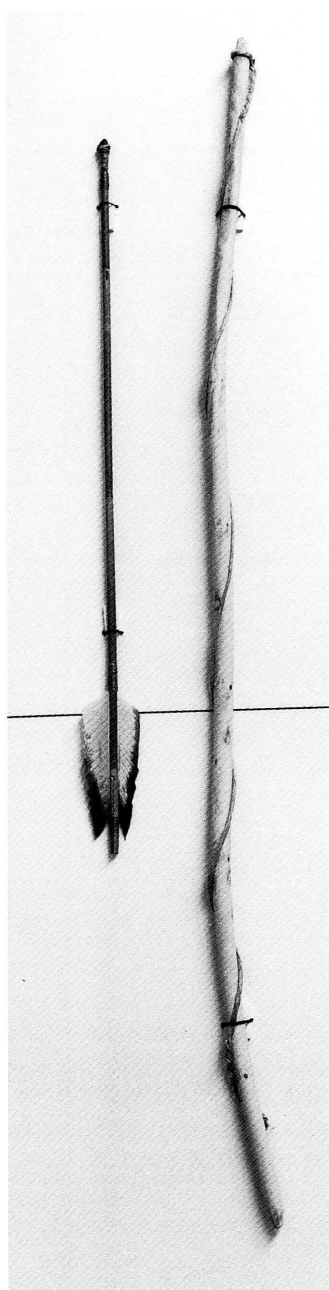


図28 弩形木製品の出土情況



復元弓 1 号と矢



復元弓 2 号と弭

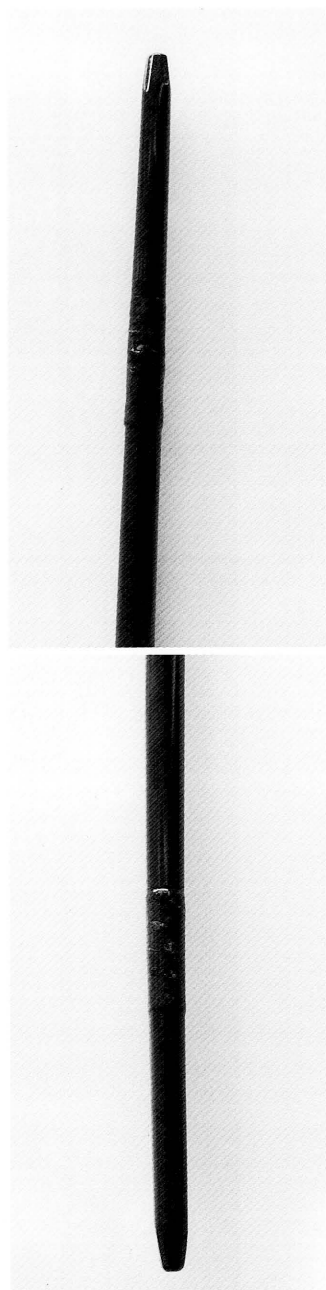


図29 復元弓 1・2号

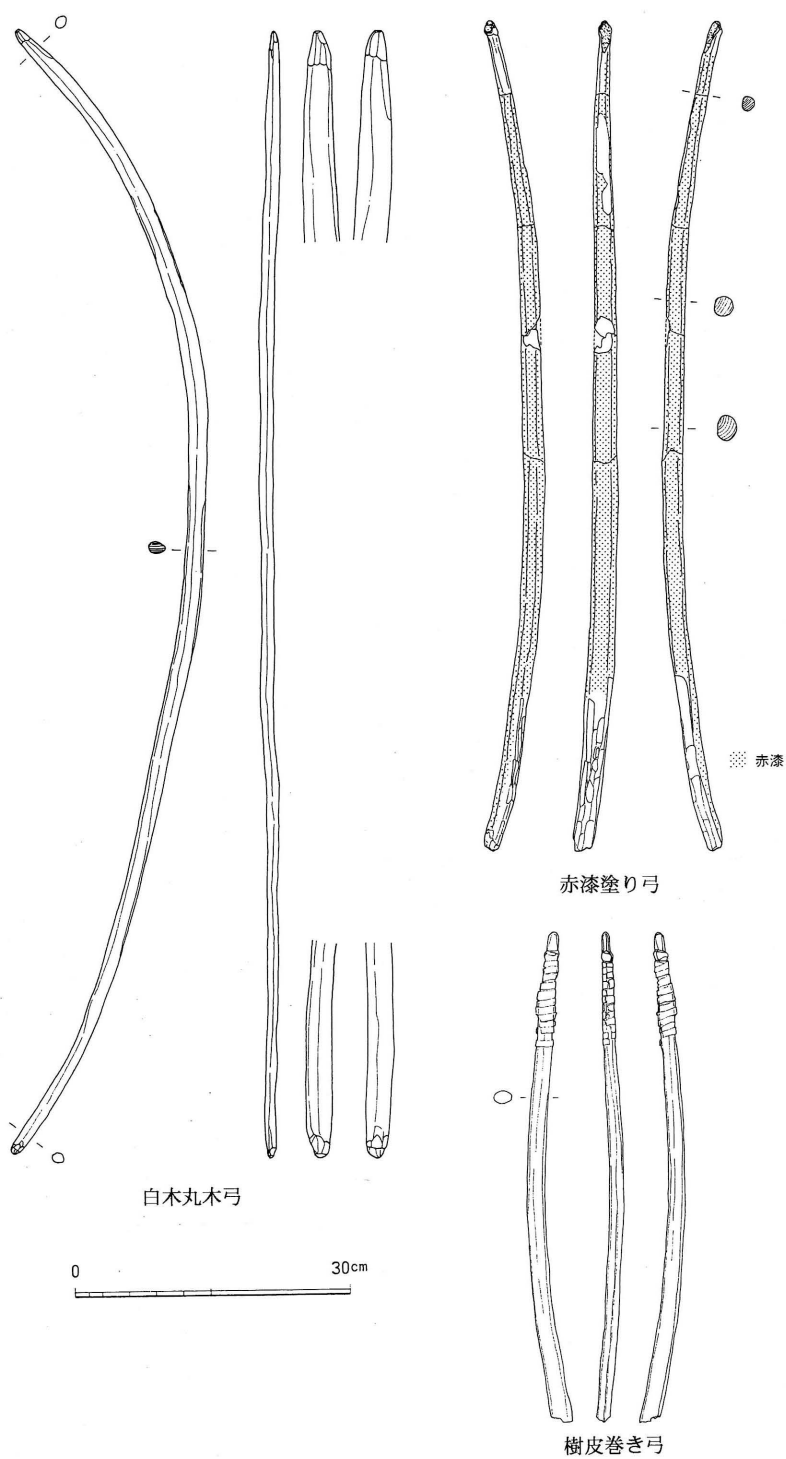


図30 福井県鳥浜貝塚出土の各種弓

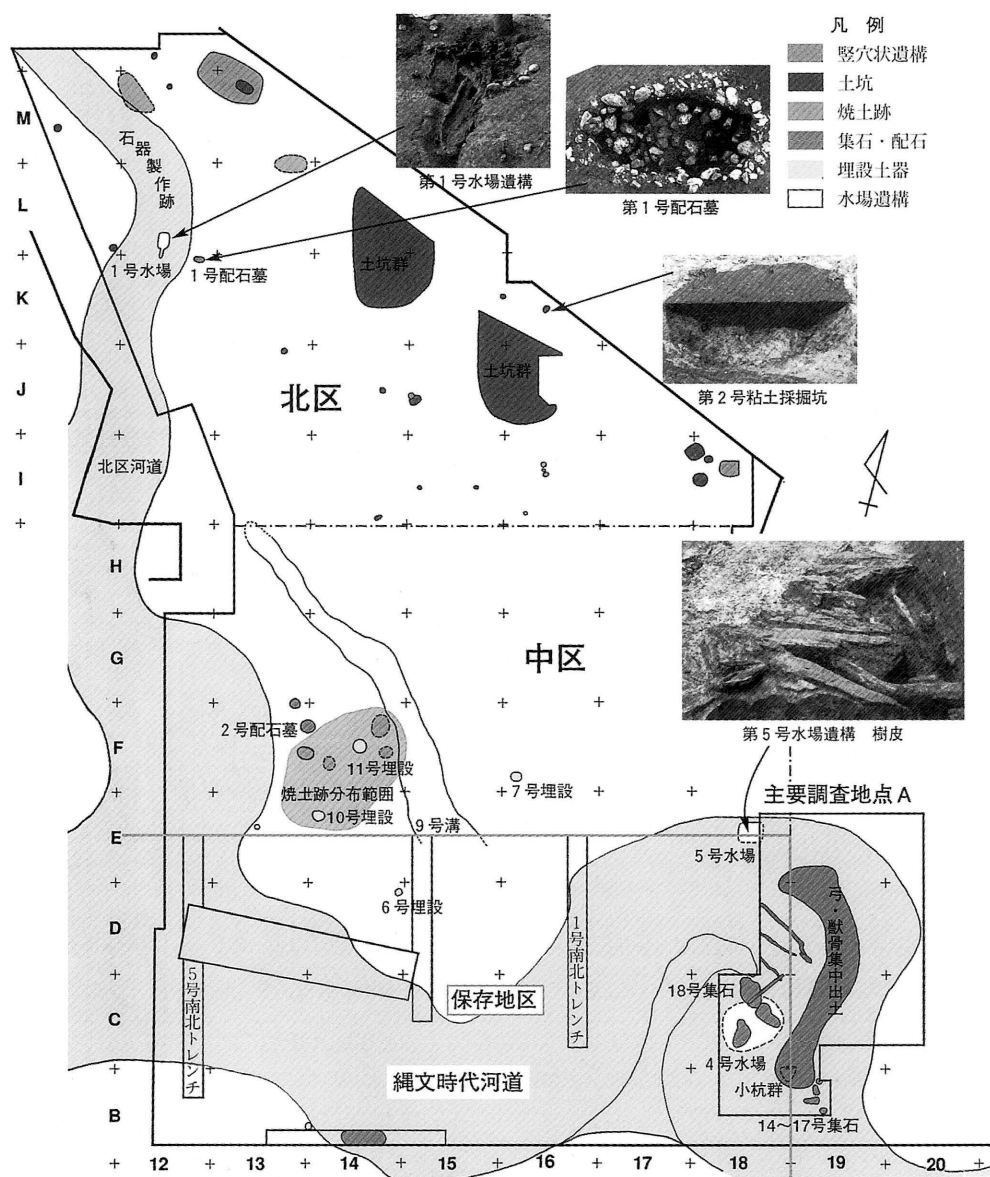
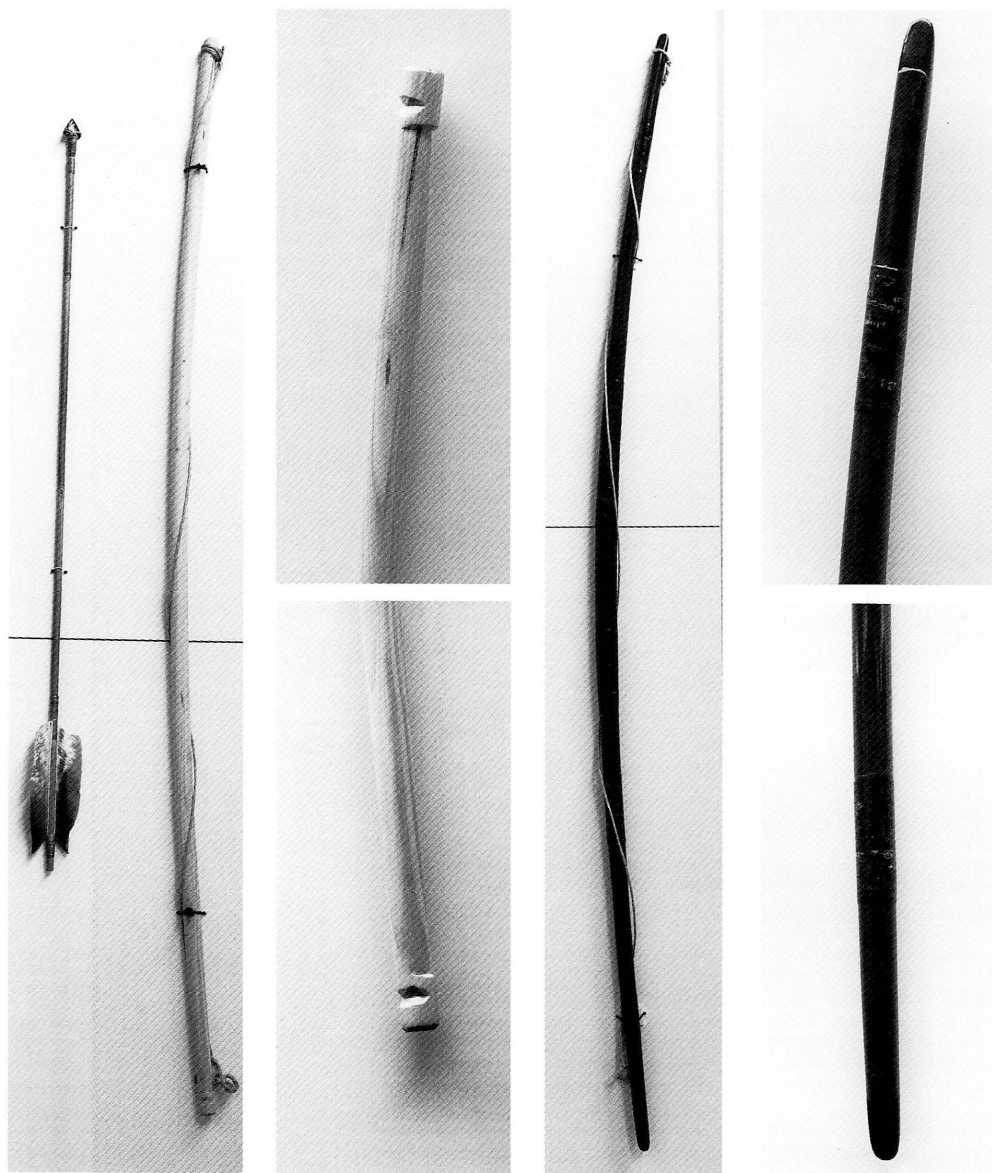


図31 東京都下宅部遺跡の構成



復元弓 3 号と弭

復元弓 4 号と弭

図32 復元弓 3・4号



漆液容器① (真上から)



漆液容器② (漆の付着状況)



漆液容器③ (外面・内面)



水銀朱用磨石 (長軸8cm)



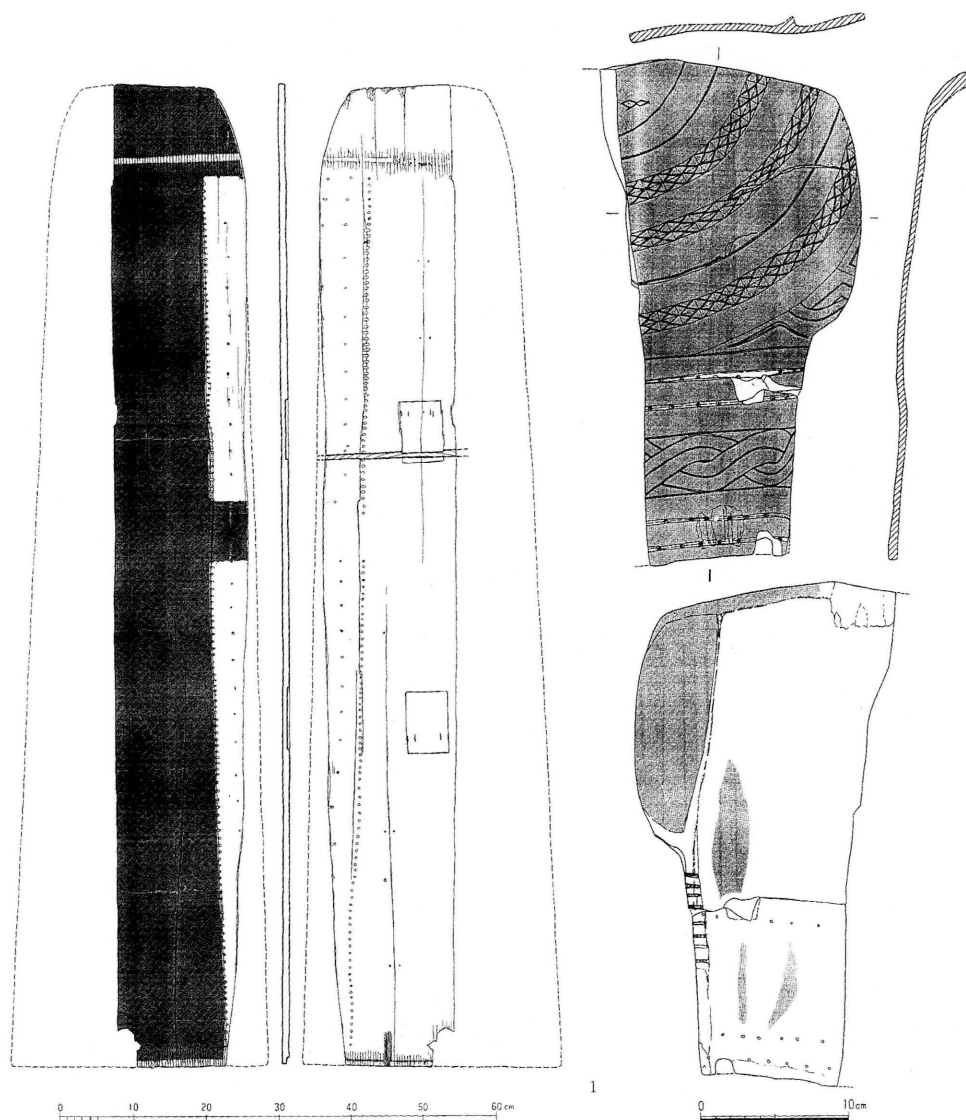
赤色顔料容器 (水銀朱)

漆作業工程
 漆の木からの樹液の採取
 ↓
 生漆
 ↓
 水分を加熱除去 (クロメ作業)
 クロメ漆
 ↓
 夾雑物の濾過
 ↓
 赤色顔料を混和
 (水銀朱・ベンガラ)
 赤色漆
 ↓
 塗布
 漆製品



顔料調整容器・パレット

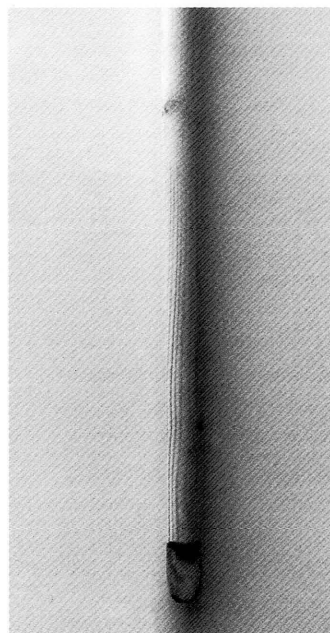
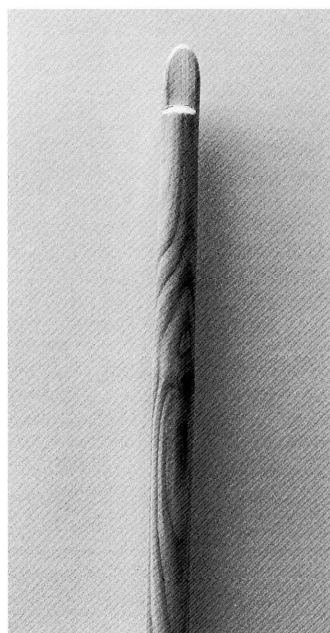
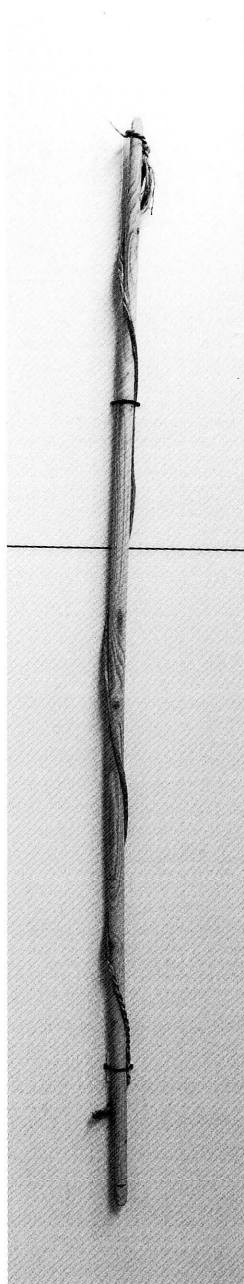
図33 東京都下宅部遺跡の漆工資料



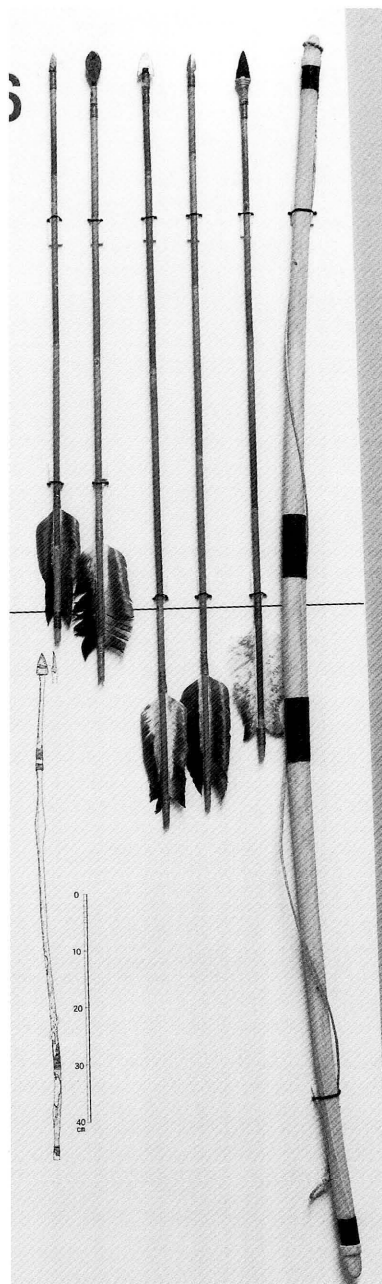
木製の盾（大阪府鬼虎川遺跡）

木製のヨロイ（福岡県雀居遺跡）

図34 弥生時代の木製盾

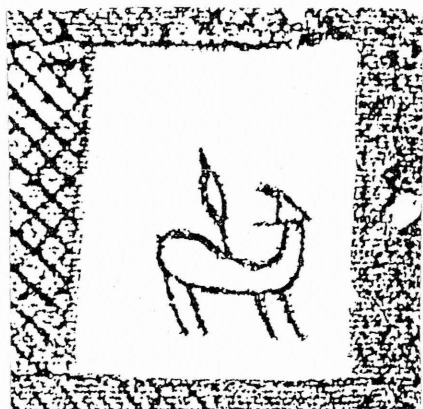


復元弓 5号と弭

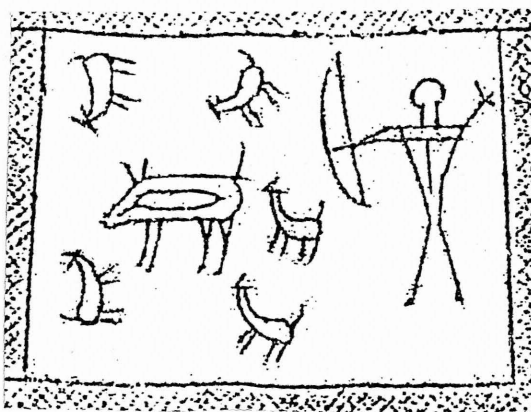


復元弓 6号と弭

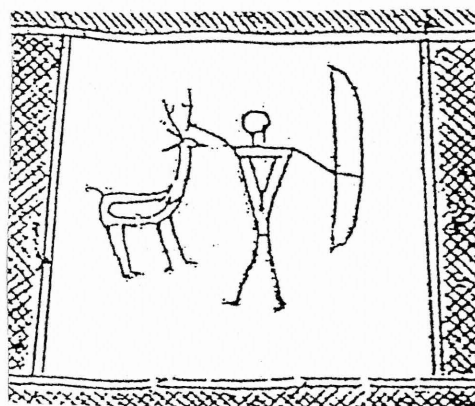
図35 復元弓 5・6号



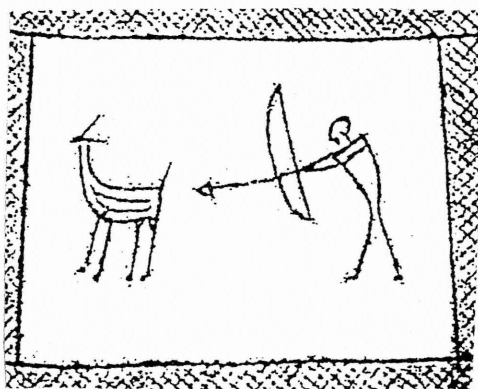
辰馬考古資料館 418 号銅鐸



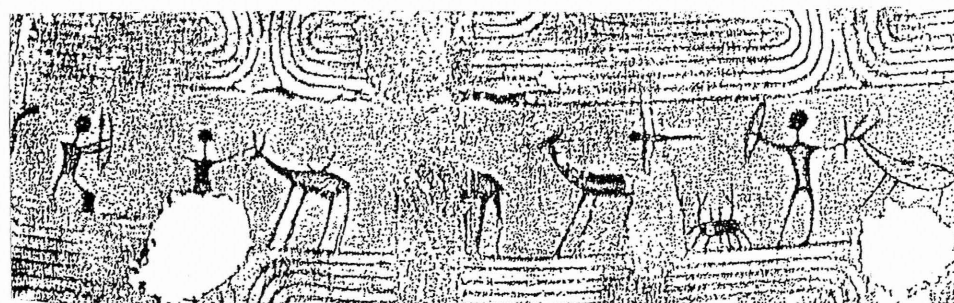
伝香川県銅鐸



兵庫県神戸市桜ヶ丘 5 号銅鐸



伝香川県銅鐸



滋賀県新庄銅鐸

図36 銅鐸絵画の弓矢

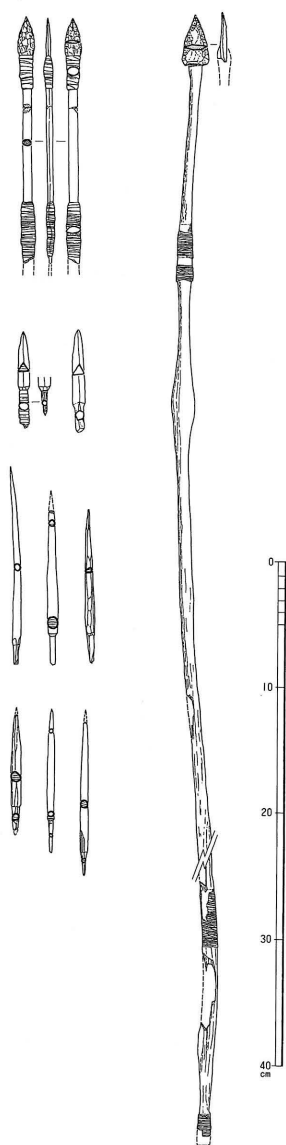
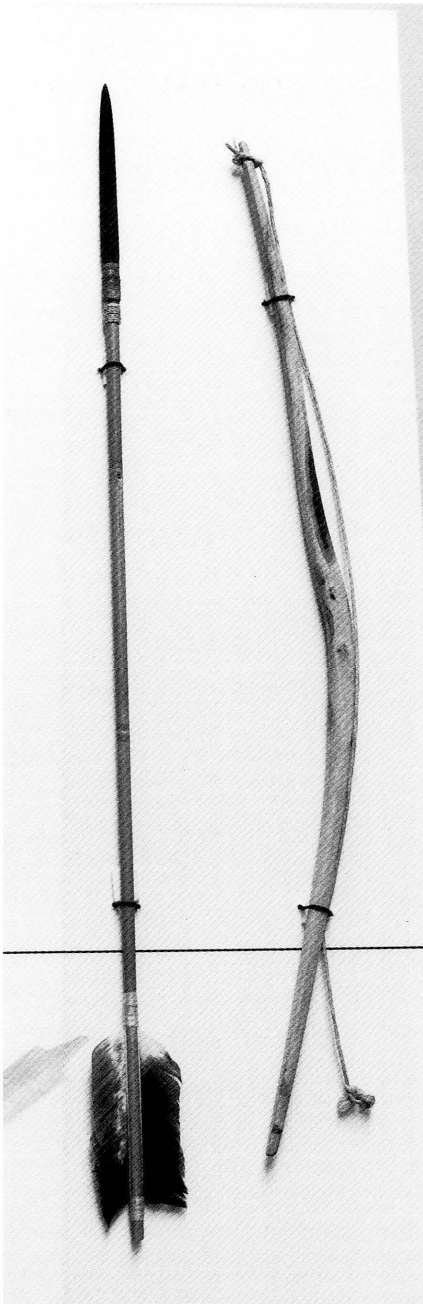
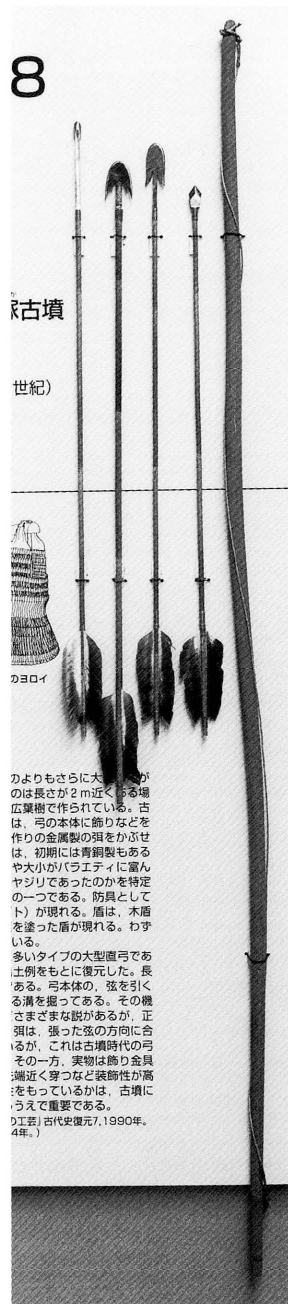


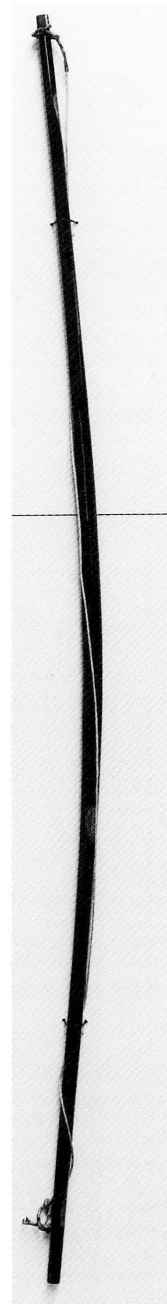
図37 弥生時代の矢・木のヤジリ
 (大阪府亀井・鬼虎川・山賀・恩智遺跡, 京都府修理式遺跡, 兵庫県玉津田中遺跡)



復元弓 7号と矢

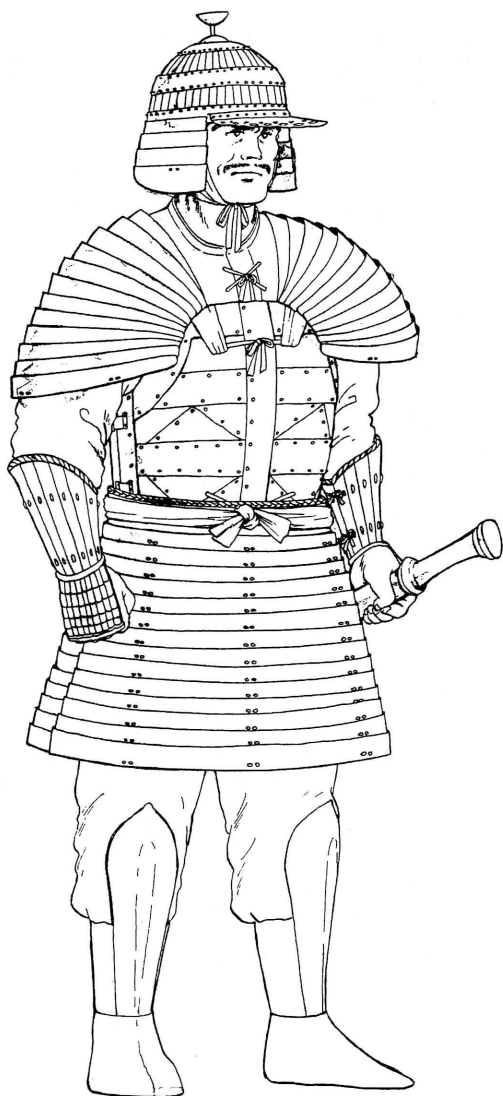


復元弓 8号と矢

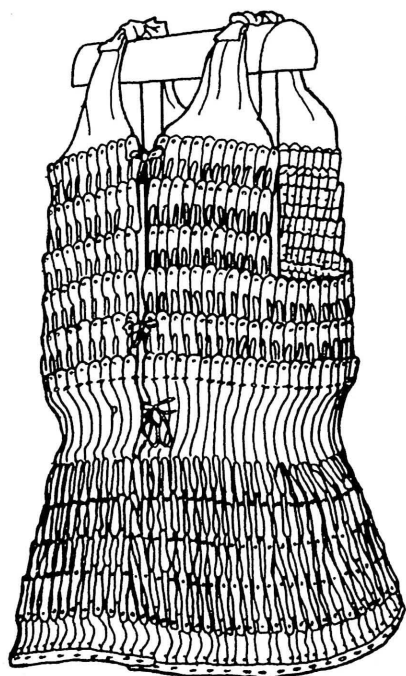


復元弓 9号

図38 復元弓 7・8・9号



歩兵の武装



騎兵のヨロイ

図39 古墳時代の鉄製甲冑

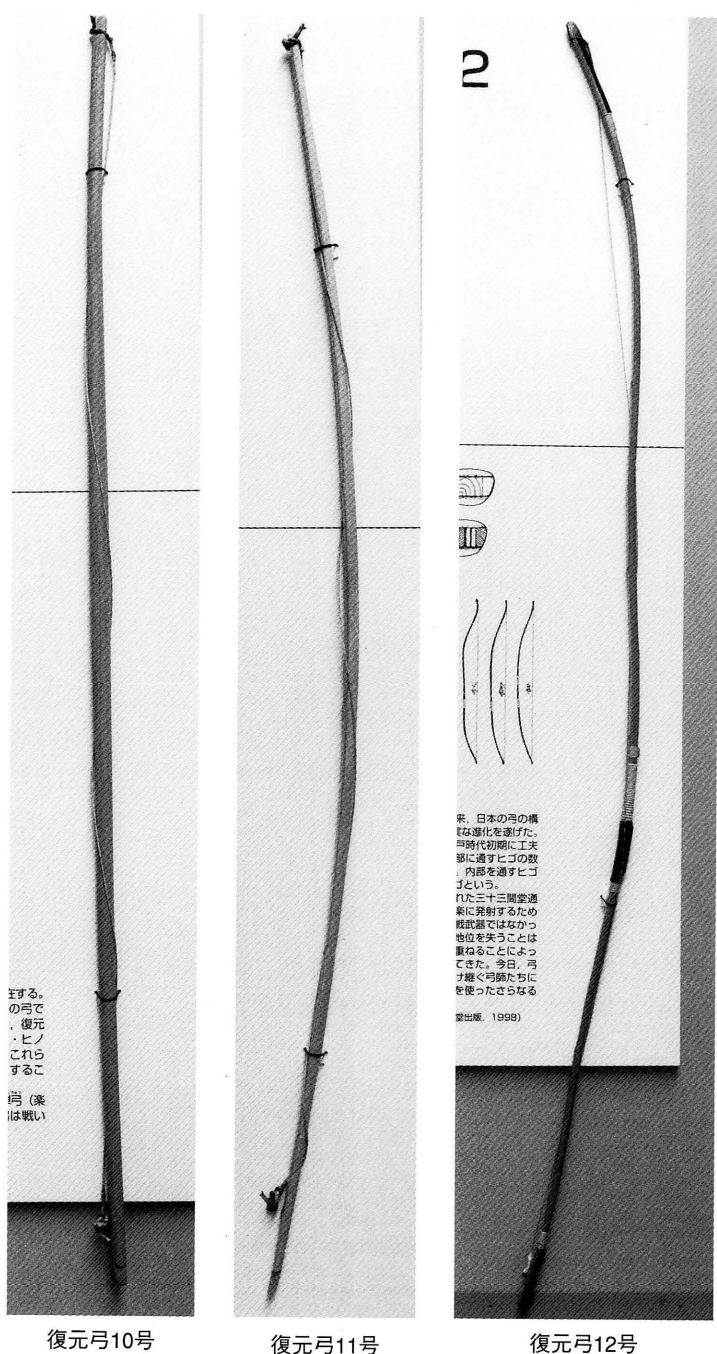
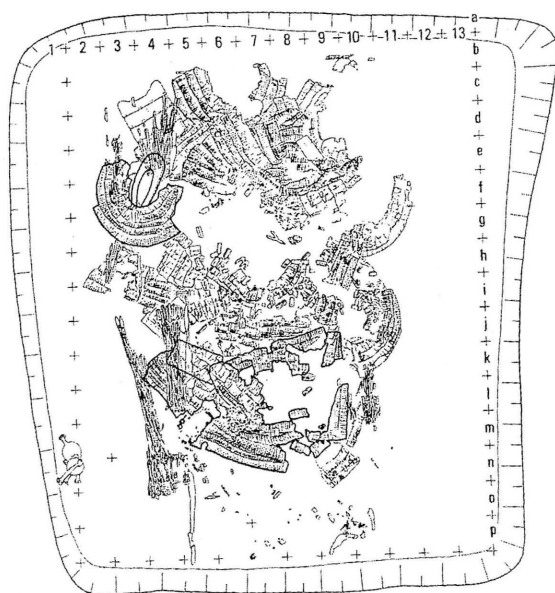


図40 復元弓10・11・12号



(縮尺 1/40)

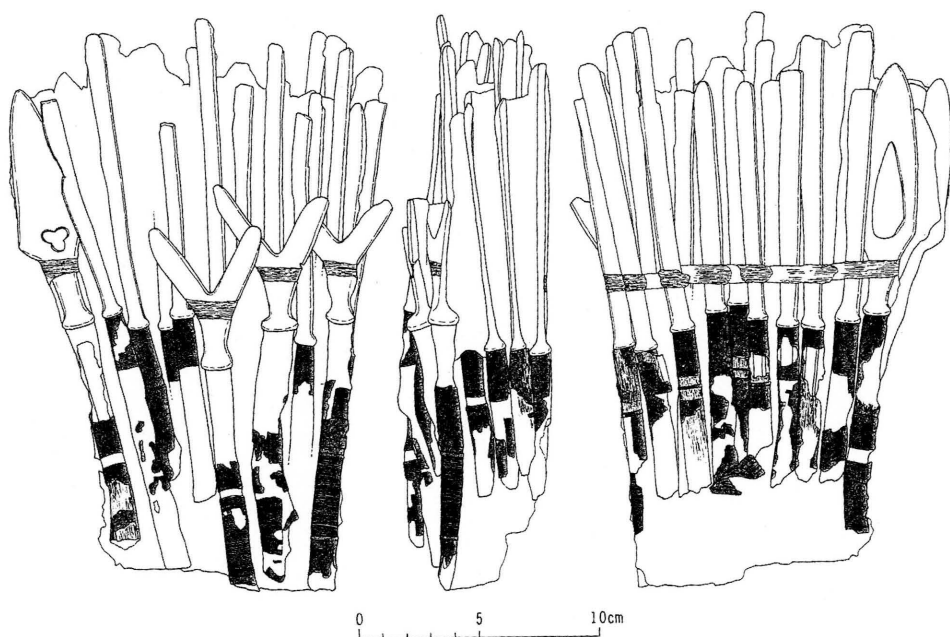


図41 平安京法住寺殿の武将の墓・大鎧・矢

(矢の配置から、まず鳴鏑をつけた雁又形や平根形のヤジリの矢を射て、次いで貫通力の高い長頸形のヤジリの矢で戦うことが判る。12世紀)

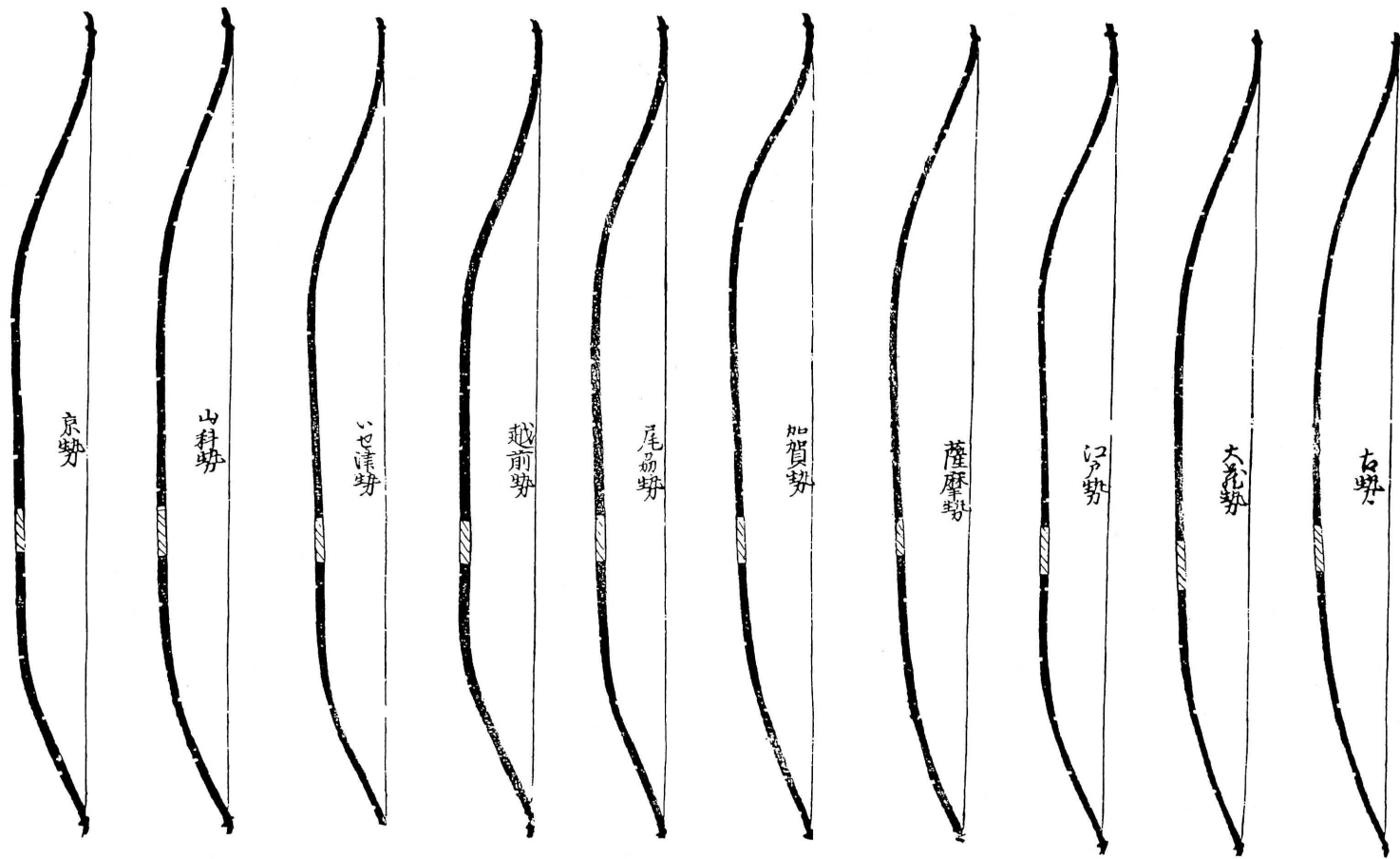


図42 『用射録』の弓成の図

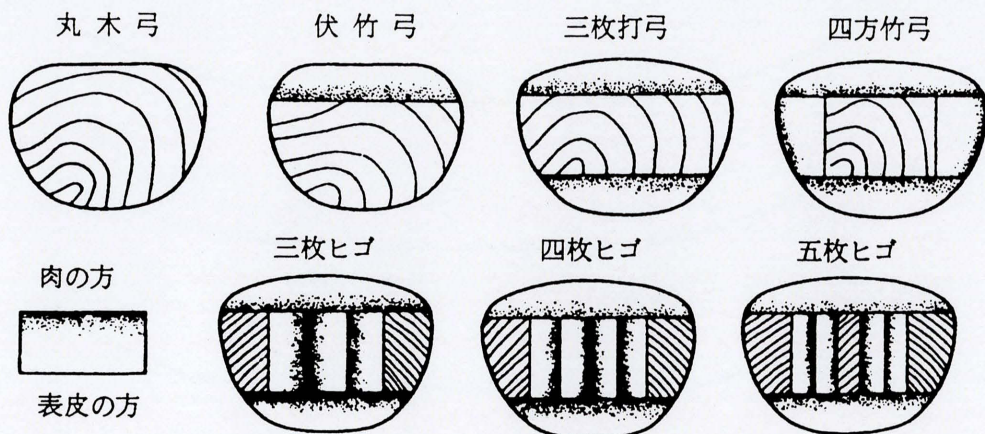


図43 弓の構造

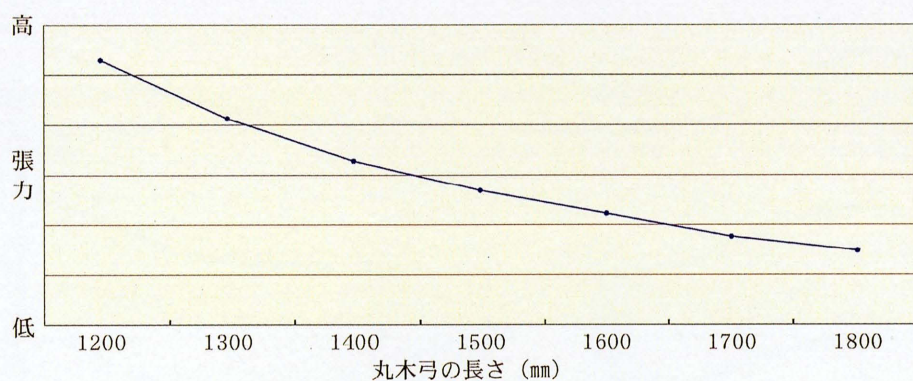


図44 丸木弓の長さ と 張力 (矢尺一定の場合)

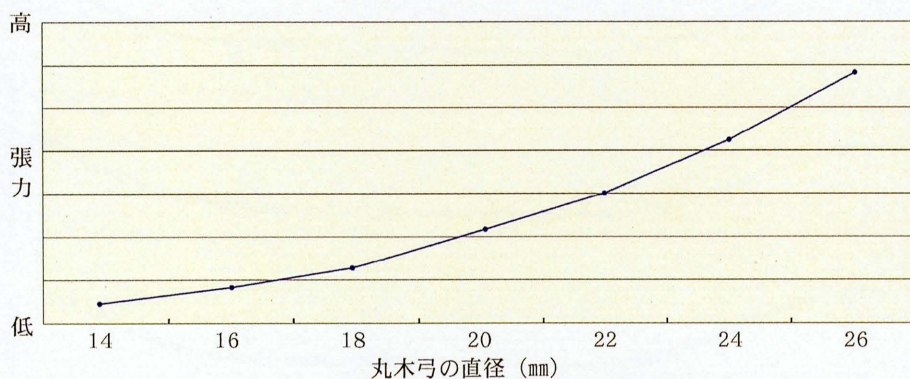


図45 丸木弓の太さ と 張力 (矢尺一定の場合)

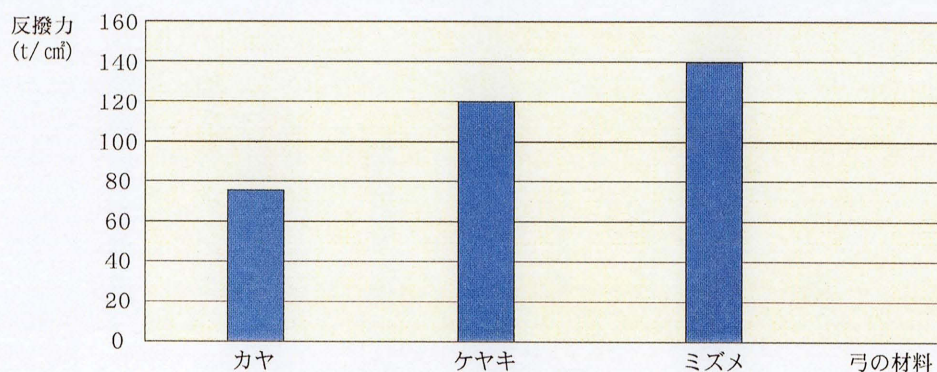


図46 弓の材料と反撥力

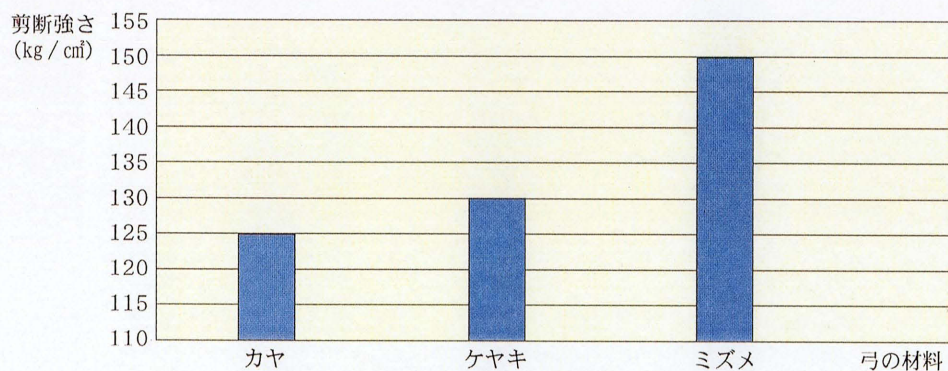


図47 弓の材料と剪断強さ

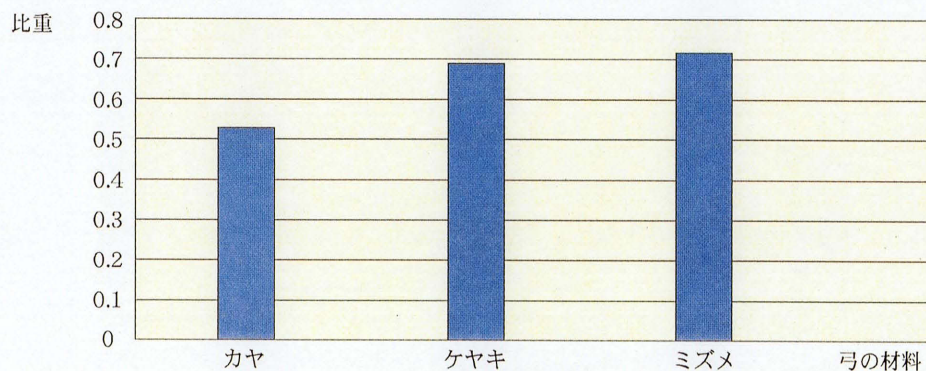


図48 弓の材料と比重

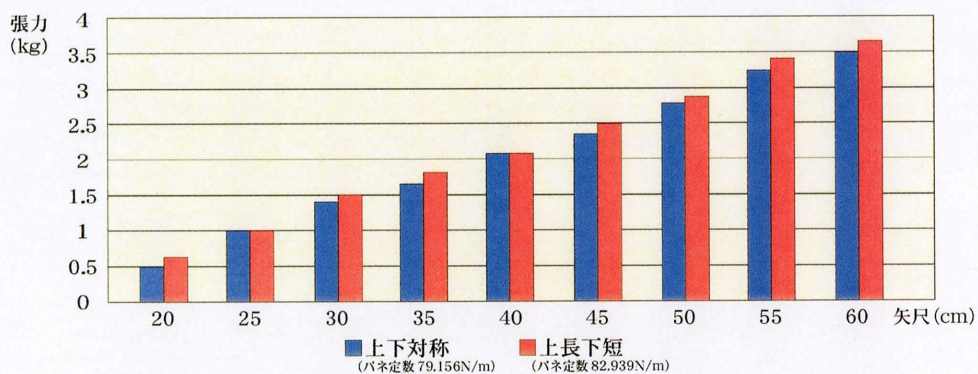


図49 握り位置によるバネ定数変化

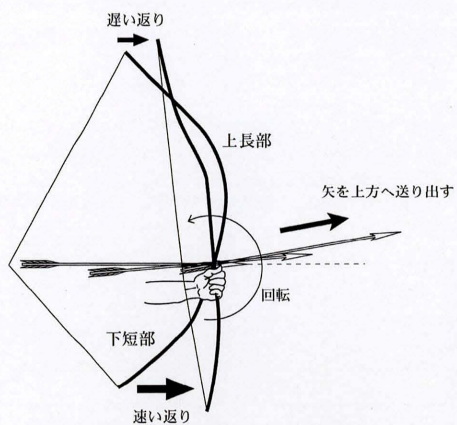


図50 上長下短弓は矢を上へ送り出す

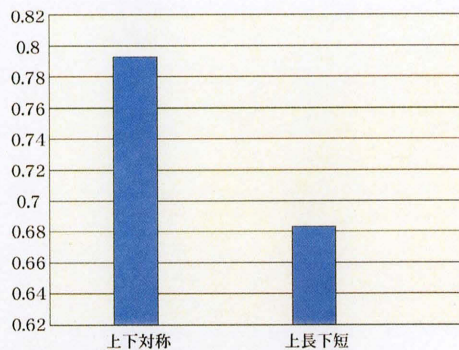


図51 握り位置とエネルギー伝達効率

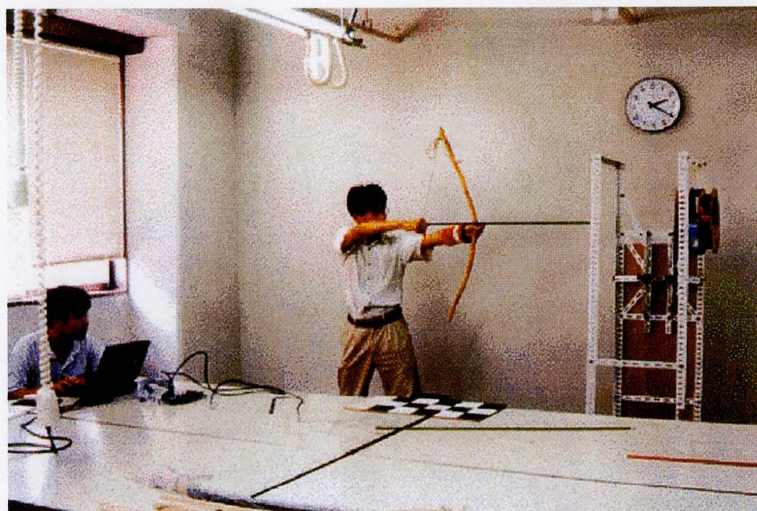


図52 エネルギー伝達効率の測定実験

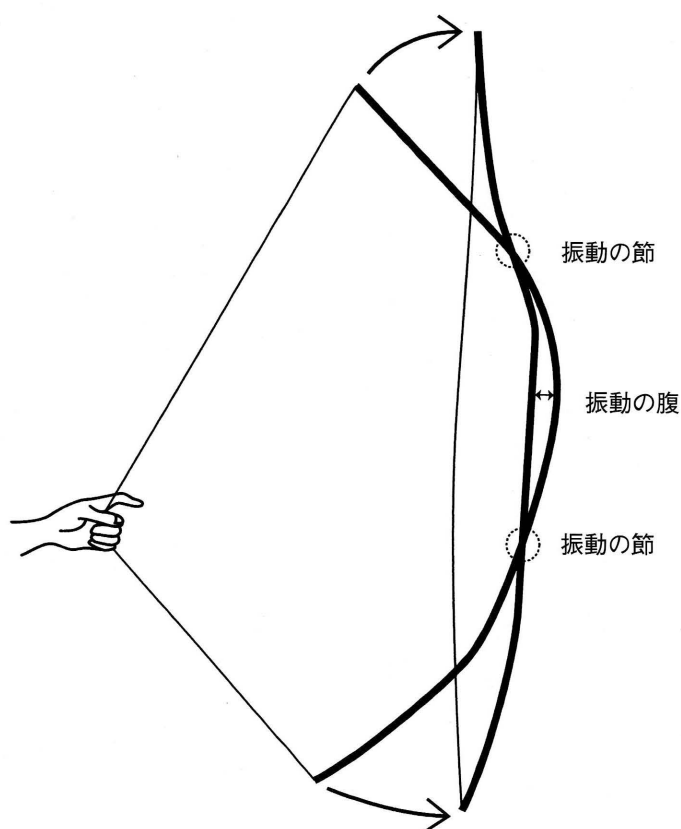


図53 振動の腹と節

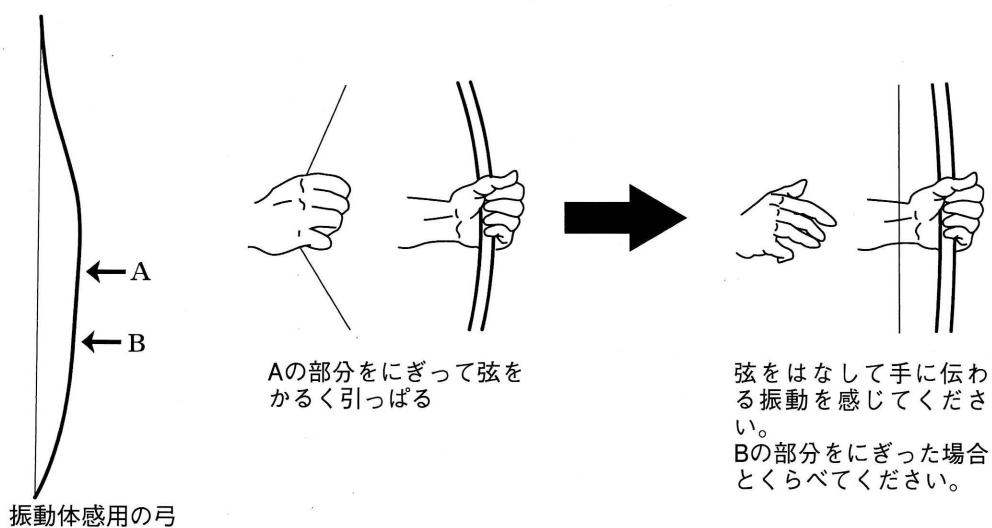


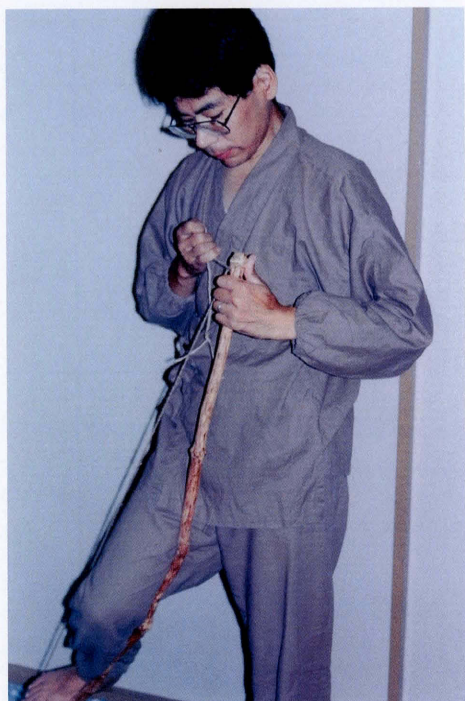
図54 弓の振動の体感



イヌガヤ弓材



復元弓の製作



復元弓の弦張り



復元弓の試射

図55 イヌガヤ復元弓の製作

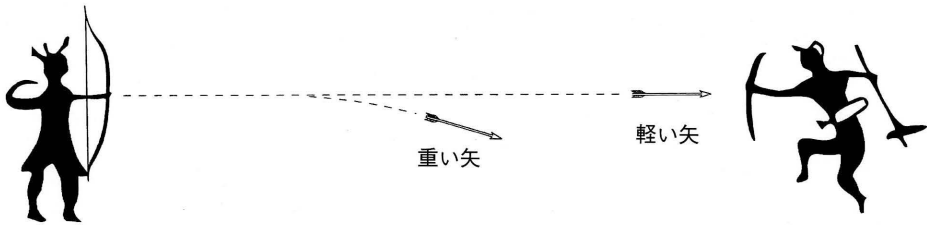


図56 矢の重量と飛距離

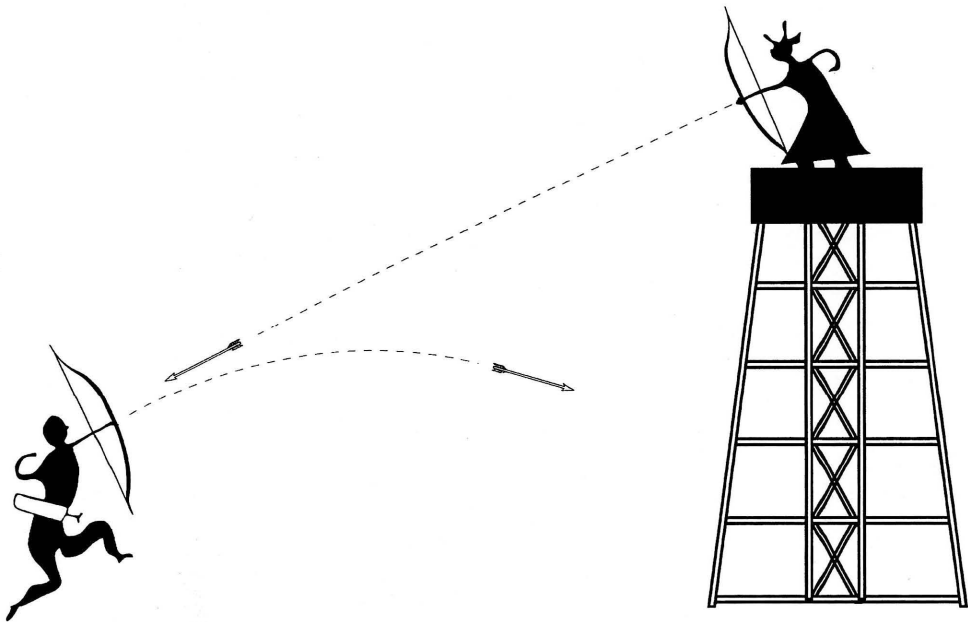


図57 発射位置の高低と矢の飛距離

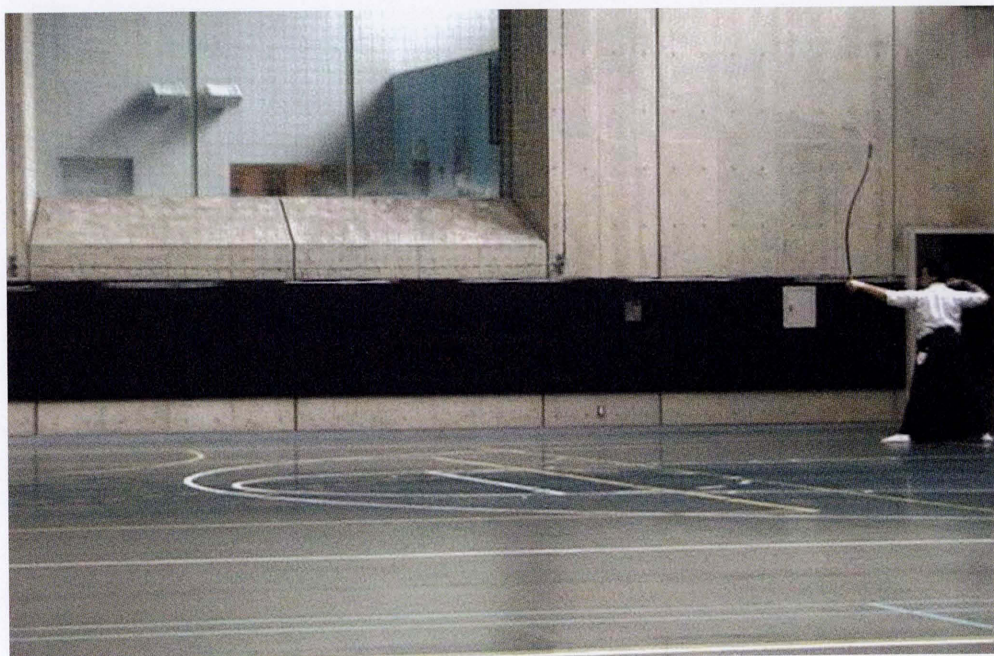


図58 和弓を用いた矢の発射と飛翔状況の撮影（白い破線が矢の軌跡を示す）

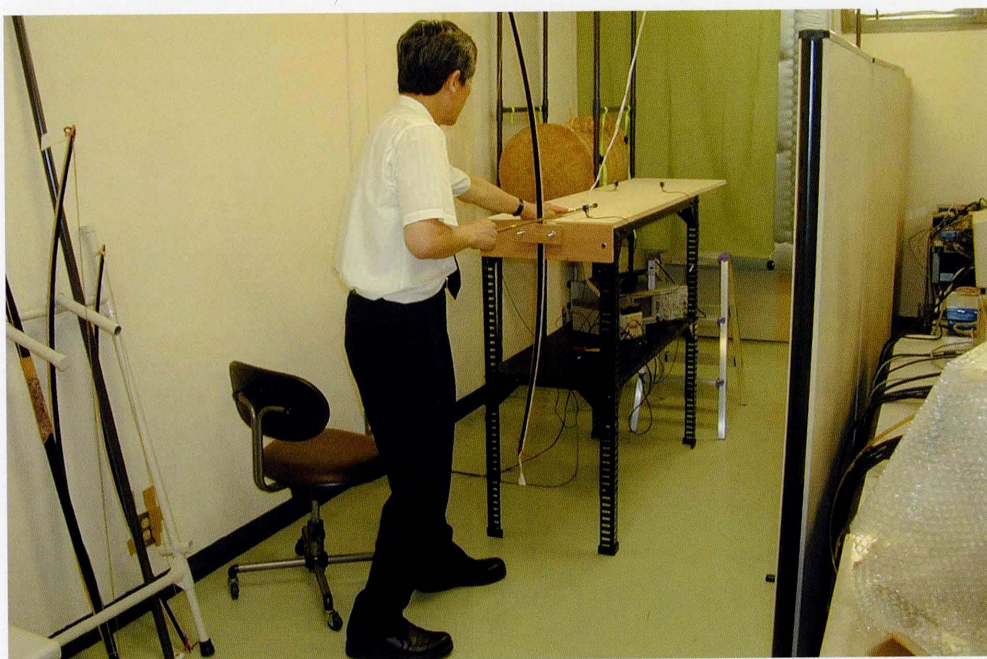
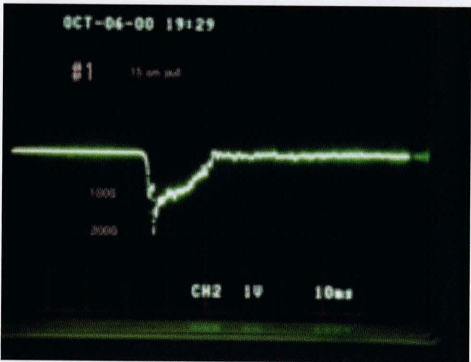
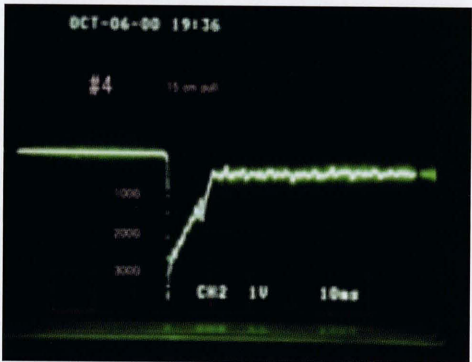


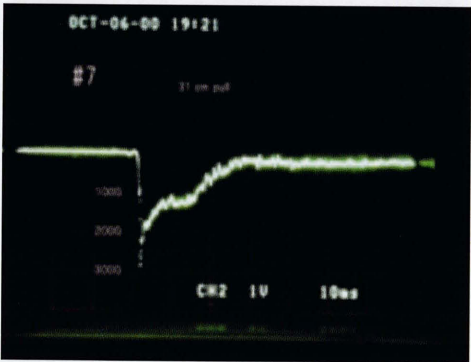
図59 復元弓の加速度の測定



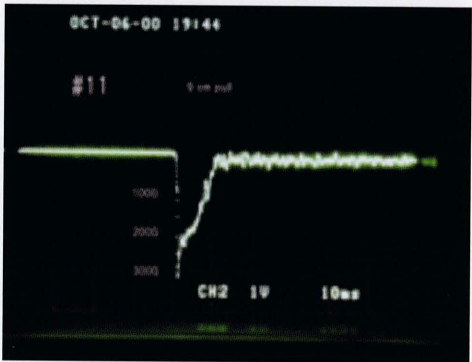
a 復元弓 1 の加速度



b 復元弓 4 の加速度

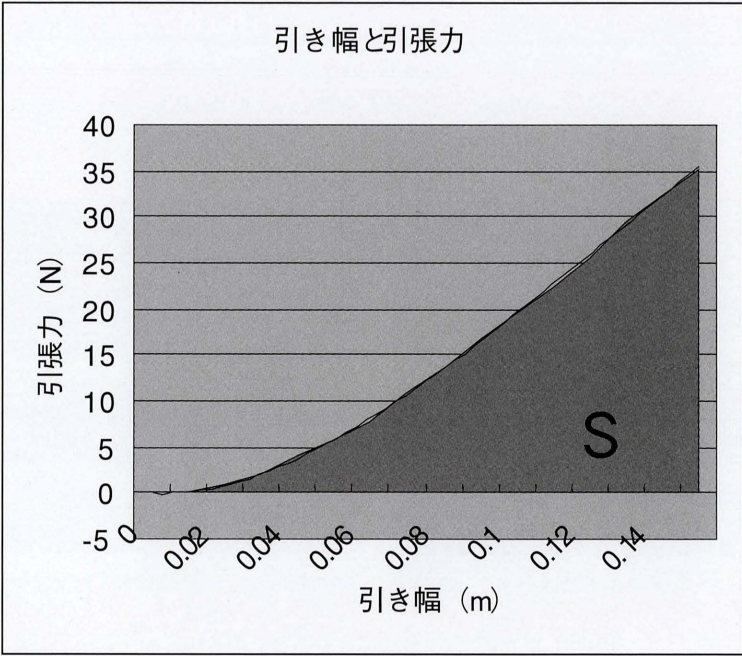


c 復元弓 7 の加速度

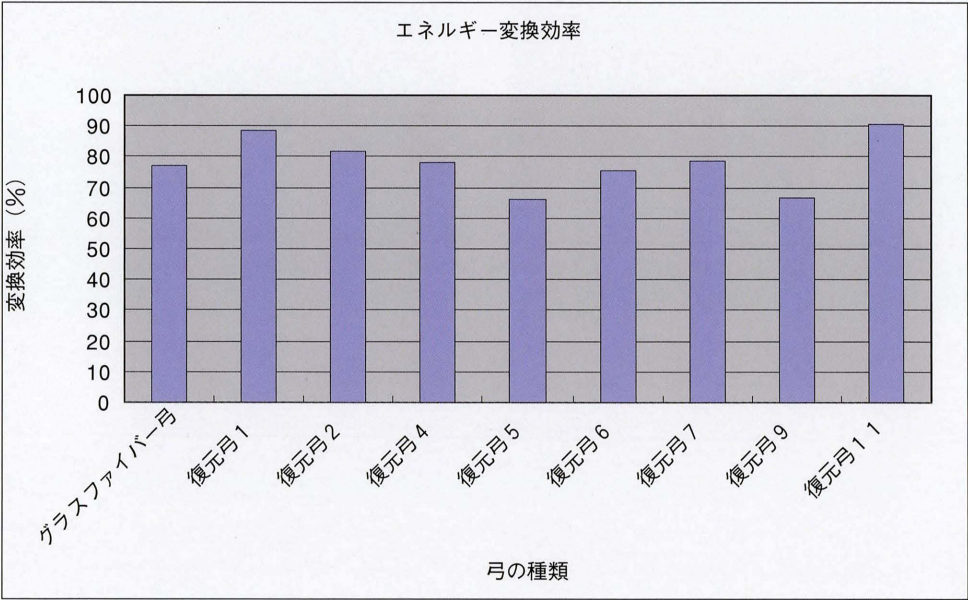


d 復元弓11の加速度

図60 復元弓の加速度



弓の引き幅と引張り力と弾性エネルギー



復元弓のエネルギー変換効率

図61 復元弓の引き幅・引張り弾性力・弾性エネルギーとエネルギー変換効率

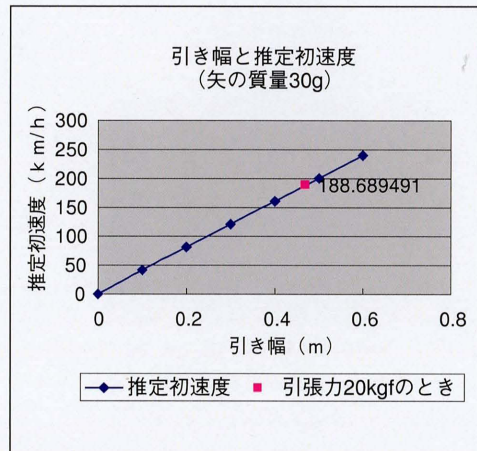
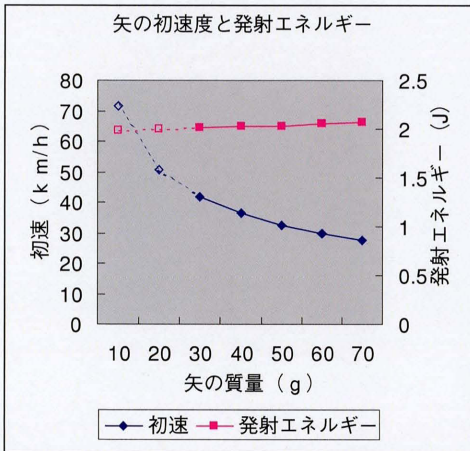


図62 復元弓 1号 (縄文丸木弓)

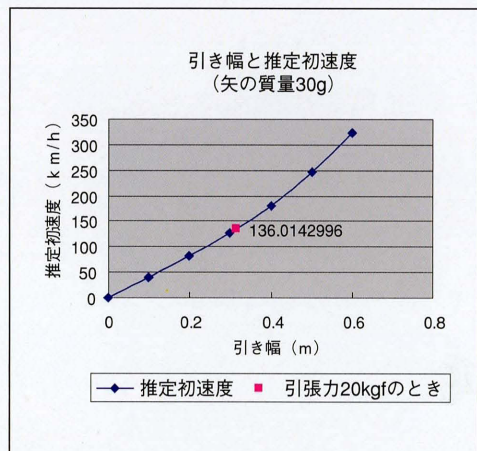
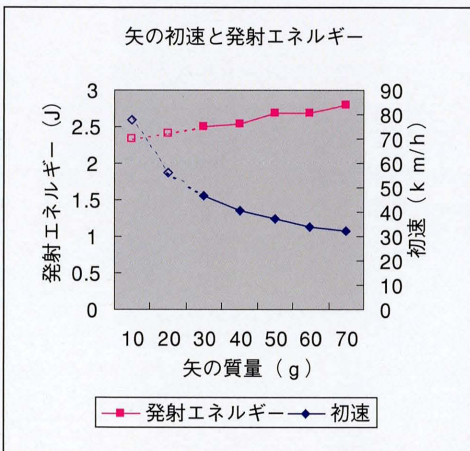


図63 復元弓 2号 (縄文飾り弓)

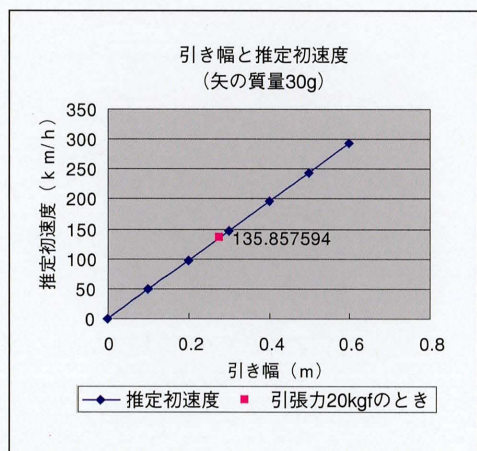
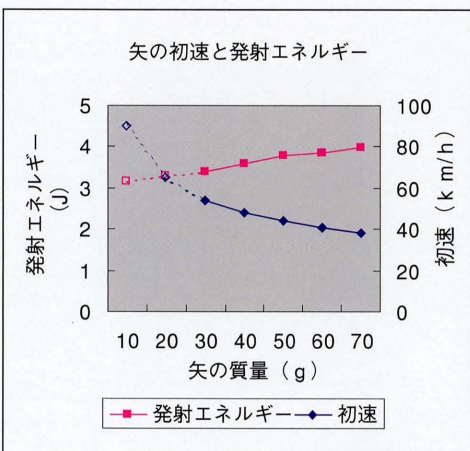


図64 復元弓 4号 (復元弓 2号+弥生式弰)

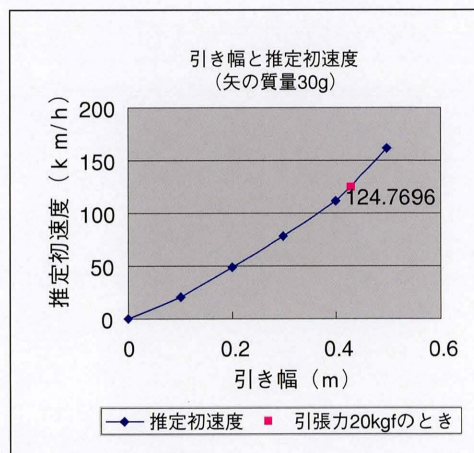
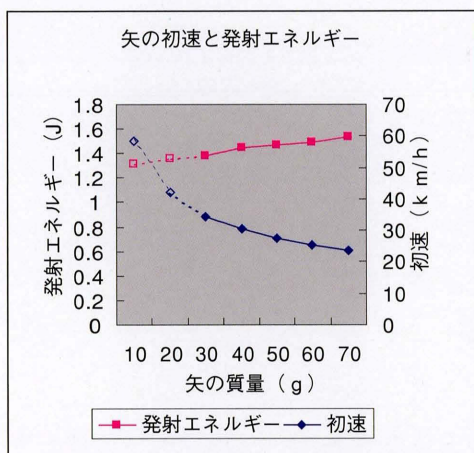


図65 復元弓 5号 (復元弓 3号+弥生式弰)

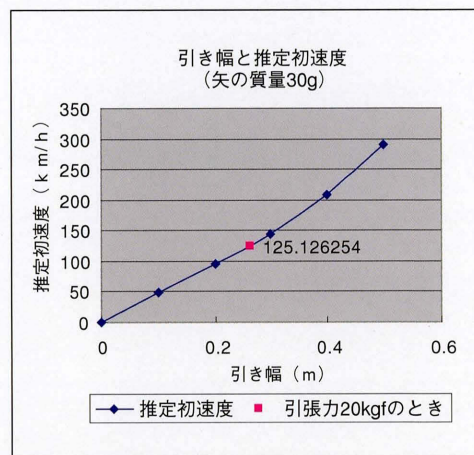
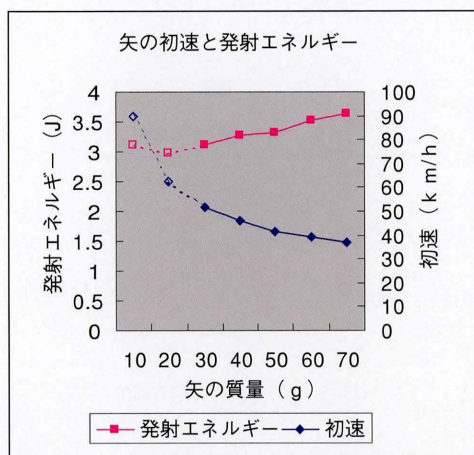


図66 復元弓 6号 (弥生丸木弓)

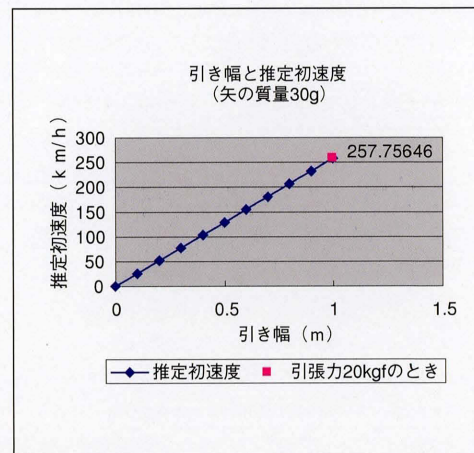
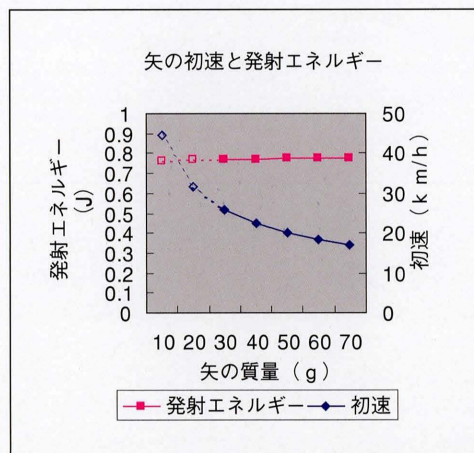


図67 復元弓 7号 (弥生半彎弓)

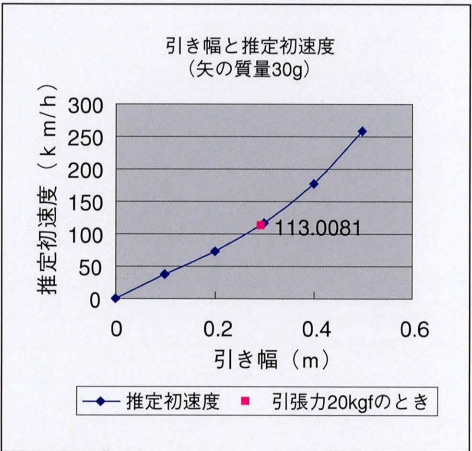
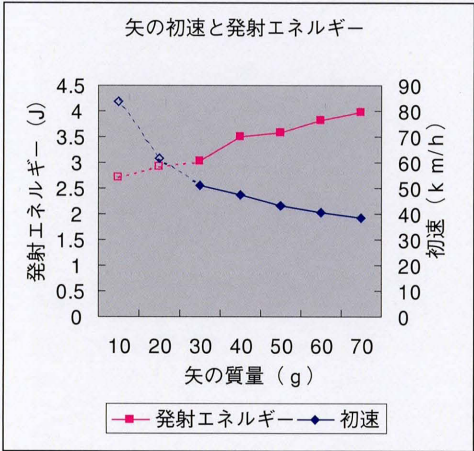


図68 復元弓 9号 (正倉院梓弓)

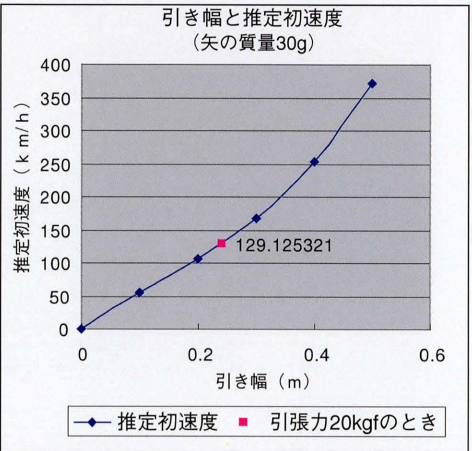
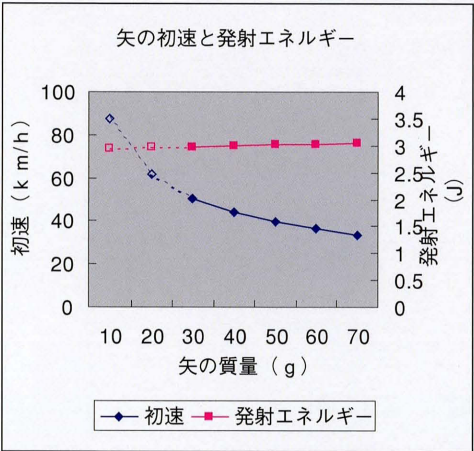


図69 復元弓11号 (中世合せ弓)

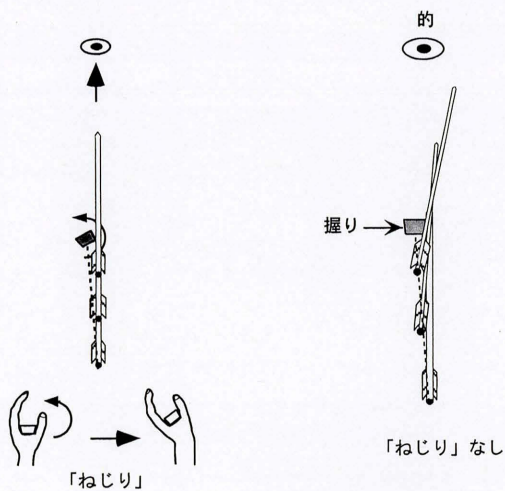


図70 ねじり技術と矢の飛行方向

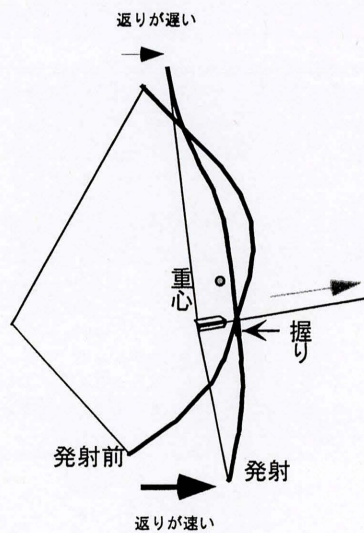
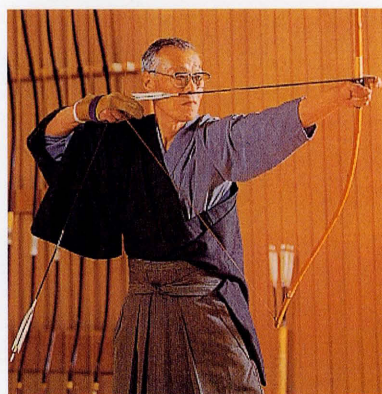


図72 角見の働き



詰合

①ねらい

②矢 尺 (やじゃく: 引くべき矢の長さのこと)

③胸 弦 (むなづる: 弦を胸につけること)

④頬 付 (ほおづけ: 矢を頬につけること)

伸合

弓を引き絞る力を間断なく増加させて
発射に備えること

図73 詰合と伸合

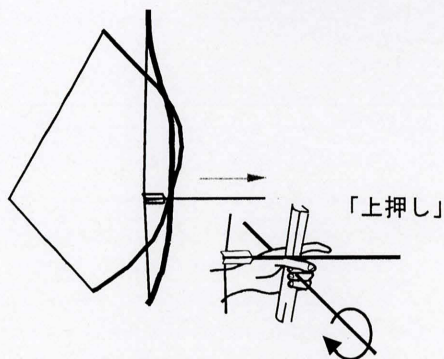


図71 上押し技術と矢の飛行方向

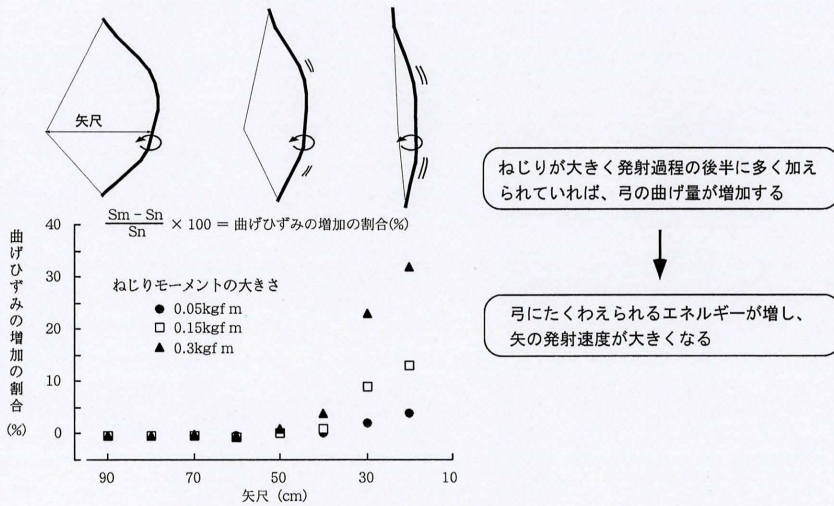


図74 弓のねじり-曲げ特性

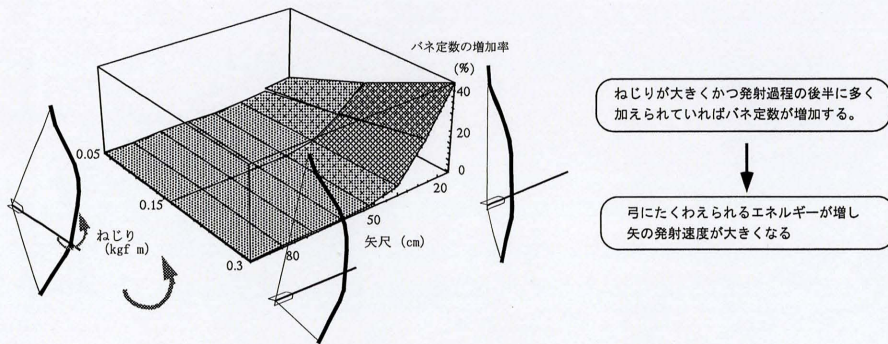


図75 ねじることによるバネ定数への影響 (バネ定数の増加率)

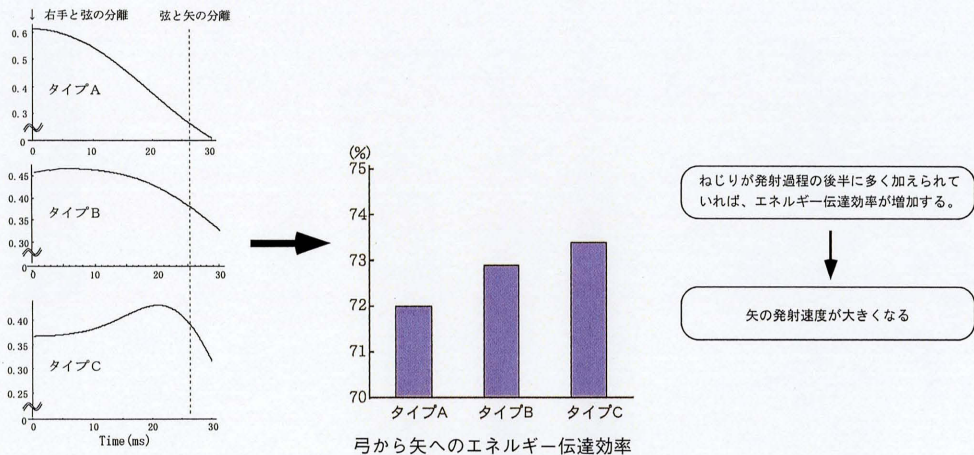


図76 ねじることによるエネルギー伝達効率への影響 (シミュレーション結果)